

**VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra telekomunikační techniky**

**Triple Play řešení pro optické přístupové sítě  
Triple Play Solutions for Optical Access Networks**

**2016**

**Bc. Jakub Boček**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Boček**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601T013 Telekomunikační technika

Téma: **Triple Play řešení pro optické přístupové sítě**  
**Triple Play Solutions for Optical Access Networks**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Absolventská práce se věnuje problematice Triple Play v optických přístupových sítích nové generace a nasazení optických sítí nové generace na infrastrukturu sítí předešlé generace (GEPON). Cílem studenta je provést vyhodnocení kvality videokonferenčního přenosu na základě konfigurace optické přístupové sítě.

1. Popište problematiku Triple Play v optických přístupových sítích nové generace.
2. Popište problematiku videokonference.
3. Zprovozněte komunikační řetězec umožňující přenos zvuku i obrazu pomocí IP videotelefonu (Asterisk).
4. Proveďte měření kvality videokonference na základě různých variant konfigurací optické přístupové sítě. Při konfiguraci sítě použijte systém Simena Traffic Generator.
5. Proveďte vyhodnocení výsledků.


### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Prat, Josep. *Next-Generation FTTH Passive Optical Networks: Research towards unlimited bandwidth access*. Barcelona: Springer, 2008. ISBN 978-1-4020-8469-0.
- [2] LAM, Cedric. *Passive Optical Networks: Principles and Practice*. London: Elsevier, 2007. ISBN 978-0-12-373853-0.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Koudelka**

Datum zadání: 01.09.2015  
Datum odevzdání: 29.04.2016

  
doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry




  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: *27. dubna 2016*

  
.....  
podpis studenta

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Petru Koudelkovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této diplomové práce. Také bych rád poděkoval Ing. Janu Látalovi za odbornou pomoc v laboratoři a také svým kolegům Bc. Janu Vavrečkovi za jeho podporu, při práci v laboratoři a Bc. Zdeňkovi Wilčekovi za odbornou pomoc v prostředí Office.



## **Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

„Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: *27. dubna 2016*

.....  
podpis zástupce

## **Abstrakt**

Triple Play služby jsou velmi probíranou a také žádanou službou současné nabídky telekomunikačních služeb. I když je balíček služeb Triple Play silnou zbraní pro rozšíření uživatelské základy, musí být poskytovatelé těchto služeb ostražití. Označení Triple Play napovídá, že se jedná o balíček tří služeb hlasu, videa a dat. Datové služby (www, soubory apod.) jsou doplněny o real-time multimediální hlasové (VoIP) a video (IPTV/RF). Tyto multimediální služby kladou pro poskytovatele vysoké nároky na kvalitu distribuční infrastruktury. Použitá aktivní technologie musí poskytnout dostatek výkonu a podporu QoS mechanismů, které umožní distribuci balíčku služeb s rozdílnými požadavky na šířku přenosového pásma, zpoždění, ztrátovost, jitter apod. Diplomová práce se věnuje problematice Triple Play v optických přístupových sítích nové generace, konkrétně zprovoznění komunikačního řetězce umožňujícího přenos zvuku i obrazu pomocí IP videotelefonu na pasivní optické přístupové síti WDM-PON. Hodnotila se kvalita přenosu při změně síťových parametrů na síťovém emulátoru Simena.

## **Klíčová slova**

Optická přístupová síť, pasivní optická síť, Triple Play, IPTV, VoIP, Asterisk, SIP, OLT, ONU, WDM-PON, subjektivní metoda.

## **Abstract**

Triple Play services are very well being discussed and demanded service currently offers telecommunications services. Although the package of Triple Play services strong weapon for expanding user base, providers need to be wary of these services. Triple Play designation suggests, it is a package of three services of voice, video and data. Data services (www, files, etc.) are supplemented by real-time multimedia voice (VoIP) and video (IPTV / RF). These multimedia services providers impose high demands on the quality of the distribution infrastructure. Use active technology must provide sufficient power and support of QoS mechanisms to facilitate the distribution package of services with different requirements for bandwidth, delay, packet loss, jitter, etc. This diploma thesis deals with the issue Triple Play optical NGA, specifically commissioning of the communication chain which allows transmission of audio and video by using IP videophone to a passive optical access network, WDM-PON. Evaluated the quality of the transmission when changing the network parameters on network emulator Simena.

## **Key words**

Optical access network, passive optical network, Triple Play, IPTV, VoIP, Asterisk, SIP, OLT, ONU, WDM-PON, subjective method.

# Obsah

Seznam použitých symbolů.....	- 11 -
Seznam použitých zkratk.....	- 12 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	- 16 -
Úvod.....	- 19 -
1 Triple Play.....	- 20 -
1.1 Video služba IPTV.....	- 21 -
1.1.1 Architektura IPTV.....	- 22 -
1.1.2 Komunikace typu unicast a multicast.....	- 24 -
1.1.3 Protokoly a kodeky IPTV.....	- 26 -
1.1.4 Nejznámější služby poskytované IPTV.....	- 31 -
1.2 Hlasová služba VoIP.....	- 32 -
1.2.1 Použité kodeky.....	- 33 -
1.2.2 Použité protokoly.....	- 34 -
1.2.3 Hodnocení kvality hovoru VoIP.....	- 38 -
1.3 Datová služba.....	- 40 -
1.3.1 FTP protokol.....	- 40 -
2 Optická přístupová síť.....	- 41 -
2.1 Rozdělení optických přístupových sítí.....	- 41 -
2.2 Základní funkční celky optické přístupové sítě.....	- 42 -
2.3 Varianty FTTx.....	- 43 -
3 Optické sítě nové generace.....	- 44 -
3.1 Architektura NGA.....	- 44 -
3.2 NGA1.....	- 45 -
3.2.1 XG-PON1.....	- 45 -
3.2.2 XG-PON2.....	- 45 -
3.3 NGA2.....	- 45 -
3.3.1 WDM-PON.....	- 46 -
4 Videokonference.....	- 47 -
4.1 Videokonferenční systémy.....	- 47 -
4.2 Konferenční vrstvy.....	- 48 -
4.3 Multipoint videokonference.....	- 49 -

4.4	Videokonferenční režimy .....	- 49 -
4.5	Standardy .....	- 49 -
5	Praktické měření.....	- 50 -
5.1	Popis experimentálního pracoviště .....	- 50 -
5.1.1	Součásti topologie .....	- 50 -
5.1.2	Měřicí přístroje .....	- 52 -
5.2	Konfigurace zařízení .....	- 52 -
5.2.1	Konfigurace OLT jednotky WDM-PON .....	- 52 -
5.2.2	Konfigurace L3 Switche ZyXel.....	- 54 -
5.2.3	Konfigurace Simena Network Emulator: .....	- 55 -
5.3	Konfigurace VoIP .....	- 55 -
5.4	Server VoIP .....	- 57 -
5.5	Konfigurace SIP účtu na VoIP telefonech .....	- 59 -
5.6	Registrace SIP účtů .....	- 62 -
5.7	Práce s telefonem GrandStream GXV3140 .....	- 63 -
5.7.1	Vytvoření hovoru mezi 2 účastníky .....	- 63 -
5.7.2	Vytvoření hovoru mezi 3 účastníky .....	- 64 -
5.8	Použité topologie nasazení videokonference pro praktické měření .....	- 65 -
5.8.1	Topologie pro hovor mezi 2 účastníky .....	- 66 -
5.8.2	Topologie pro hovor mezi 3 účastníky .....	- 67 -
5.8.3	Topologie pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV .....	- 68 -
6	Hodnocení kvality z hlediska subjektivní metody .....	- 69 -
6.1	Propustnost pro hovor 2 účastníků.....	- 69 -
6.2	Ztrátovost pro hovor 2 účastníků .....	- 70 -
6.3	Chybovost pro hovor 2 účastníků .....	- 71 -
6.4	Propustnost pro hovor 3 účastníků.....	- 73 -
6.5	Ztrátovost pro hovor 3 účastníků .....	- 74 -
6.6	Chybovost pro hovor 3 účastníků .....	- 75 -
6.7	Propustnost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV .....	- 77 -
6.8	Ztrátovost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV .....	- 78 -
6.9	Chybovost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV .....	- 79 -
6.10	Zhodnocení tabulkou.....	- 81 -
6.10.1	Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 2 účastníky .....	- 81 -

## Seznam použitých symbolů

---

6.10.2 Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 3 účastníky .....	- 82 -
6.10.3 Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 2 účastníky se zátěží 2 TV .....	- 83 -
Závěr .....	- 84 -
Použitá literatura .....	- 86 -
Seznam příloh.....	- 89 -

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
$R_0$		Poměr signálu k šumu
$I_S$		Součet všech zhodnocení
$I_D$		Faktor znehodnocení
$I_{E-EFF}$		Paketová ztrátovost
$A$		Faktor zvýhodnění hovoru
$\lambda$	nm	Vlnová délka

## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
<b>ADSL</b>	Asymmetric Digital Subscriber Line
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee
<b>AVC</b>	Advanced Video Coding
<b>AWG</b>	Arrayed Waveguide Grating
<b>BER</b>	Bit error rate
<b>CH</b>	Channel
<b>CD</b>	Compact disc
<b>DHCP</b>	Dynamic Host Configuration Protocol
<b>DM</b>	Dense Mode
<b>DMB</b>	Digital Multimedia Broadcasting
<b>DVB</b>	Digital video broadcasting
<b>DVB-C</b>	Digital video broadcasting-Cable
<b>DVB-H</b>	Digital video broadcasting-Handhelds
<b>DVB-MC</b>	Digital video broadcasting-Microwave Cable
<b>DVB-MHP</b>	Digital video broadcasting-Multimedia Home Platform
<b>DVB-MS</b>	Digital video broadcasting-Microwave Satellite
<b>DVB-MT</b>	Digital video broadcasting-Microwave Terrestrial
<b>DVB-S</b>	Digital video broadcasting-Satellite
<b>DVB-T</b>	Digital video broadcasting-Terrestrial
<b>DVD</b>	Digital video disc
<b>EP2P</b>	Ethernet Point-To-Point
<b>EPG</b>	Electronic program guide
<b>EPON</b>	Ethernet Passive Optical Network
<b>ES</b>	Elementary Stream
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>FTTx</b>	Fiber To The x
<b>FTTB</b>	Fiber To The Building
<b>FTTC</b>	Fiber To The Curb



<b>FTTH</b>	Fiber To The Home
<b>FTTN</b>	Fiber To The Node
<b>FDM</b>	Frequency Division Multiplex
<b>GEPON</b>	Gigabit Ethernet Passive Optical Network
<b>GOP</b>	Group Of Pictures
<b>GPON</b>	Gigabit Passive Optical Network
<b>HE</b>	Head-End
<b>HD</b>	High definition
<b>HDMI</b>	High-Definition Multi-media Interface
<b>HDTV</b>	High-Definition television
<b>HTTP</b>	Hypertext Transfer Protocol
<b>IETF</b>	Internet Engineering Task Force
<b>IEEE</b>	Institution of Electrical and Electronics Engineers
<b>IGMP</b>	Internet Group Management Protocol
<b>IP</b>	Internet Protocol
<b>IPTV</b>	Internet Protocol Television
<b>IPTVCD</b>	IPTV Consumer Devices
<b>ISP</b>	Internet Service Provider
<b>ISO</b>	International Standards Organization
<b>ISO/OSI</b>	International Standards Organization/Open System Interconnection
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>LG</b>	Leave Group
<b>MAC</b>	Media Access Control
<b>MHP</b>	Multimedia Home Platform
<b>MOS</b>	Mean Opinion Score
<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group
<b>MPEG-2</b>	Moving Picture Experts Group version 2
<b>MPEG-4</b>	Moving Picture Experts Group version 3
<b>MPEG-TS</b>	Moving Picture Experts Group-Transport Stream
<b>MQ</b>	Membership Query

---

<b>MR</b>	Membership Report
<b>NGA</b>	Next-Generation Access
<b>NT</b>	Network Termination
<b>OAN</b>	Optical Active Network
<b>ODN</b>	Optical Distribution Network
<b>OLT</b>	Optical Line Termination
<b>ONT</b>	Optical Network Termination
<b>ONU</b>	Optical Network Unit
<b>OSI</b>	Open System Interconnection
<b>P2MP</b>	Point to Multipoint
<b>P2P</b>	Point to Point
<b>PBX</b>	Private branch exchange
<b>PC</b>	Personal computer
<b>PES</b>	Packetized elementary stream
<b>PIM</b>	Protocol Independent Multicast
<b>PIN</b>	Personal Identification Number
<b>PON</b>	Passive Optical Network
<b>PPV</b>	Pay-Per-View
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RM-OSI</b>	Reference Model Open System Interconnect
<b>RP</b>	Rendezvous Point
<b>RPF</b>	Reverse Path Forwarding
<b>RTCP</b>	Real-time Transport Protocol Control Protocol
<b>RTP</b>	Real-time Transport Protocol
<b>RTSP</b>	Real-time Streaming Protocol
<b>Rx</b>	Receiver
<b>SM</b>	Sparse Mode
<b>STB</b>	Set-top-box
<b>SIP</b>	Session Initiation Protocol
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing

---

## Seznam použitých zkratk

---

<b>TS</b>	Transport Stream
<b>TV</b>	Television
<b>Tx</b>	Transceiver
<b>UDP</b>	User Datagram Protocol
<b>UTP</b>	Unshielded Twisted Pair
<b>VC-1</b>	Video Code-1
<b>VCD</b>	Video Compact disc
<b>VCR</b>	Video Cassette Recorder
<b>VDSL</b>	Very high speed Digital Subscriber Line
<b>VLAN</b>	Virtual Local Area Network
<b>VoD</b>	Video on Demand
<b>VoIP</b>	Voice over Internet Protocol
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>WDM</b>	Wavelength Division Multiplex
<b>WDM-PON</b>	Wavelength Division Multiplex Passive Optical Network
<b>XG-PON</b>	XG Passive Optical Network

---

## Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
1.1	Triple play	20
1.2	Architektura IPTV	22
1.3	Head-end páteří sítě a přístupová síť	23
1.4	Princip komunikace typu unicast	24
1.5	Princip komunikace typu multicast	25
1.6	Porovnání ISO/OSI modelu a modelu IPTV	26
1.7	Zapouzdření	27
1.8	Struktura pro multicastové služby	28
1.9	Typy koncových bodů H.323	35
1.10	Příklad SIP komunikace	37
2.1	Rozdělení OAN	41
2.2	Optické přístupové sítě FTTx	43
3.1	Vývoj pasivních optických sítí	44
3.2	Koexistence XG-PON a GPON	45
3.3	Vlnový multiplex	46
5.1	IP telefon GXV3140	51
5.2	EXFO AXS-200/625	52
5.3	Okno Equipment View – hlavní panel OLT WDM-PON	53
5.4	DHCP IP pool	54
5.5	Nastavení rozhraní u Simena Network Emulator	55
5.6	Přihlašovací obrazovka VMware Clienta	56
5.7	Hlavní okno serveru Abacus	56
5.8	Výpis po spuštění Asterisku	58
5.9	Přihlašovací okno do telefonu	60
5.10	Nastavení účtu	60
5.11	Povolení videa	61
5.12	Call Settings	61
5.13	Obrazovka telefonu – registrovaný účastník	62

---

<b>5.14</b>	Výpis při registraci SIP účtů v Asterisk	62
<b>5.15</b>	Popis tlačítek na telefonu	63
<b>5.16</b>	Vytočení hovoru	63
<b>5.17</b>	Příchozí hovor	64
<b>5.18</b>	Menu linka	64
<b>5.19</b>	Hovor na 3 účastníka	65
<b>5.20</b>	Menu konference	65
<b>5.21</b>	Topologie pro hovor mezi 2 účastníky	66
<b>5.22</b>	Topologie pro hovor mezi 3 účastníky	67
<b>5.23</b>	Topologie pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2TV	68
<b>6.1</b>	Graf měření Jitteru pro parametr propustnos (2 telefony)	70
<b>6.2</b>	Ztrátovost pro hovor mezi 2 účastníky	71
<b>6.3</b>	Graf měření Jitteru pro parametr ztrátovost (2 telefony)	71
<b>6.4</b>	Chybovost BER pro hovor mezi 2 účastníky	72
<b>6.5</b>	Graf měření Jitteru pro parametr chybovost (2 telefony)	72
<b>6.6</b>	Graf měření Jitteru pro parametr propustnost (3 telefony)	73
<b>6.7</b>	Ztrátovost pro hovor mezi 3 účastníky	74
<b>6.8</b>	Graf měření Jitteru pro parametr ztrátovost(3 telefony)	75
<b>6.9</b>	Chybovost BER pro hovor mezi 3 účastníky	76
<b>6.10</b>	Graf měření Jitter pro parametr chybovost (3 telefony)	76
<b>6.11</b>	Graf měření Jitter pro parametr propustnost(3 tel + 2TV)	77
<b>6.12</b>	Ztrátovost pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2TV	78
<b>6.13</b>	Graf měření Jitteru pro parametr ztátovost (3 tel + 2 TV)	79
<b>6.14</b>	Chybovost pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2TV	80
<b>6.15</b>	Graf měření Jitteru pro parametr chybovost(3 tel + 2TV)	80

---

Číslo tabulky	Název tabulky	Číslo stránky
1.1	Druhy DVB (Digital video broadcasting)	21
1.2	Hierarchie protokolů ve VoIP	32
1.3	Šířka pásma a hodnota MOS kodeku	33
1.4	Hierarchie hlavních protokolů IP telefonie	34
1.5	Popis protokolů H.323	34
1.6	Stupnice MOS	38
1.7	E-model	39
1.8	Povolené meze zpoždění ITU-T G.114	40
5.1	Označení portů serveru Abacus	53
6.1	Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony)	81
6.2	Hodnocení kvality pro ztrátovost (2 telefony)	81
6.3	Hodnocení kvality pro chybovost (2 telefony)	81
6.4	Hodnocení kvality pro propustnost (3 telefony)	82
6.5	Hodnocení kvality pro ztrátovost (3 telefony)	82
6.6	Hodnocení kvality pro chybovost (3 telefony)	82
6.7	Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony + zátěž)	83
6.8	Hodnocení kvality pro ztrátovost (2 telefony+ zátěž)	83
6.9	Hodnocení kvality pro chybovost (2 telefony + zátěž)	83

## Úvod

Optické přístupové sítě jsou v dnešní době využívány nejen jako páteřní síť, ale také zasahují hlouběji a blíže ke koncovému uživateli (kanceláře, domácnosti, obchody, podniky atd.). Tyto technologie, které využívají datový přenos, potřebují stále větší šířku pásma a jedná se především o technologie, které jsou založené na internetovém protokolu IP. Tato technologie patří mezi hlavní služby, které jsou nabízeny zákazníkovi. Jako možnost rozšíření vlastností stávající infrastruktury může být právě technologie WDM-PON.

V dnešní době je velkým trendem poskytovatelů nabízet balíček služeb Triple Play. Tento balíček obsahuje tři služby, které obsahují: širokopásmový datový přenos, přenos hlasu i videa prostřednictvím telefonní služby VoIP (*Voice over Internet Protocol*) a také služby televizního vysílání IPTV (*Internet Protocol Television*). Tyto služby s sebou však nesou i nutnost vysokých investic poskytovatelů do optických přístupových sítí. Proto, aby byla kvalita služeb co nejlepší, znamená to mít položenou optickou síť, pokud možno co nejbližší ke koncovému uživateli. Tím se zvyšují přenosové rychlosti a především kvalita a pohodlí při používání těchto služeb s balíčkem Triple Play, ale také náklady poskytovatele.

Tato práce se skládá ze tří hlavních částí, které se zabývají teoretickým rozбором dané problematiky, praktickou částí tvořenou konfigurací a experimentálním měřením a poslední částí, kde jsou vyhodnocovány výsledky měření.

Teoretická část je tvořena čtyřmi kapitolami, ve které se zabývají problematikou Triple Play, ve které jsou detailně popsány všechny služby z tohoto balíčku (Data, VoIP, IPTV). Na tuto kapitolu Triple Play navazuje kapitola Optické přístupové sítě, která popisuje rozdělení optické přístupové sítě, ale také popis celků, které se v této přístupové síti používají. V této kapitole jsou dále popsány varianty FTTx sítě. Další kapitola týkající se teoretické části popisuje síť nové generace, tedy její architekturu a technologie. Poslední teoretickou částí této práce je problematika videokonference.

Praktická část se zabývá zprovozněním komunikačního řetězce umožňujícího přenos zvuku i obrazu pomocí IP videotelefonu na pasivní optické přístupové síti WDM-PON. V této kapitole je detailně popsána konfigurace pobočkové ústředny, která je realizována pomocí Asterisk. Dále je zde popisována konfigurace VoIP telefonů a jejich návod na provedení video hovorů. Celé měření je založeno na třech variantách topologie, kdy v první variantě probíhá hovor mezi dvěma telefony, ve druhé variantě je prováděná konference mezi třemi telefony a v poslední variantě je hovor prováděn mezi dvěma telefony a síť je zatížena dvěma TV, které jsou realizovány prostřednictvím IPTV. Během tohoto měření jsou na síťovém emulátoru měněny parametry sítě, které měnily chování přenosu hlasu a videa. Změny parametru se dějí v těchto parametrech sítě: chybovost BER, ztrátovost paketů a propustnost. Během těchto změn jsou dělány snímky z obrazovky telefonů a kvalita těchto hovorů je hodnocena v poslední kapitole pomocí subjektivní hodnoty a hodnoceny pomocí stupnice MOS. V rámci tohoto měření je pomocí měřicího přístroje AXS-200/625 měřen parametr kolísavé zpoždění (jitter). Tento parametr je pro každý parametr vynesena v grafu.

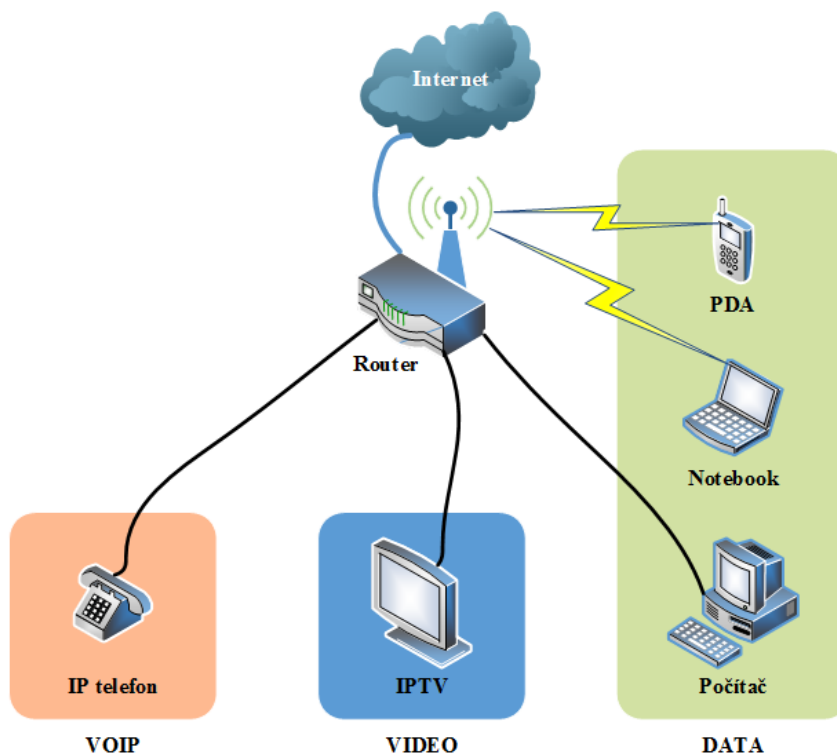
# 1 Triple Play

Služba Triple Play, se prezentuje jako balíček, který obsahuje tři služby - IPTV, VoIP a Data.

- Video služba IPTV
- Hlasová služba VoIP
- Datová služba

Tyto tři služby jsou distribuovány ke koncovému uživateli prostřednictvím sítě pomocí jedné zásuvky/přípojky. Služba Triple Play, znamená pro koncového uživatele/zákazníka jistou výhodu a to především v její jednoduchosti zapojení. Tím lze chápat to, že nemusí řešit poskytované služby od více poskytovatelů, ale má jen jednoho, který mu distribuuje IPTV, VoIP i datové služby.

Služby v balíčku Triple Play (Data, IPTV, VoIP) se prostřednictvím sítě šíří pomocí IP protokolu (Internet protocol), který se nachází ve 3. vrstvě ISO/OSI modelu. Provozovatelé datových služeb pro přenos používají TCP protokol (Transmission Control Protocol), který se nachází ve 4. vrstvě (transportní vrstvě) ISO/OSI modelu. Tento protokol je používán z důvodu jeho vysoké spolehlivosti přenosu dat. Funguje takovým způsobem, že pokud dojde ke ztrátě dat, dojde k opětovnému dotazu a znovu zaslání ztracených dat. U multimediálních služeb IPTV a VoIP se používá protokol UDP (User Datagram Protocol), který se nachází rovněž ve 4. vrstvě OSI/ISO modelu. Jedná se o nespojový a nespolehlivý protokol. Funguje takovým způsobem, pokud dojde ke ztrátě dat, nedojde k jeho opětovnému vyžádání a zaslání ztracených dat. Z toho vyplývá, že nedochází ke zdlouhavému čekání pro opětovné zaslání ztracených dat.



Obrázek 1.1: Triple play



## 1.1 Video služba IPTV

Doba analogových televizí se v dnešní době stává zastaralou technologií, která ustupuje a je nahrazována lepší technologií. Nová digitální technologie, která je dnes nezbytnou částí téměř každé domácnosti se jmenuje DVB (Digital Video Broadcasting). Technologie DVB je realizována ve více formách. Tyto formy vysílání jsou uvedeny v tabulce 1.1. Mezi nejrozšířenější technologie DVB, které se dnes převážně používají jsou DVB-Terrestrial (pozemní vysílání) a DVB-Satellite (satelitní vysílání). Avšak trendem, který začíná být čím dál tím více žádanější je vysílání TV prostřednictvím internetového protokolu IP. Toto vysílání nese název IPTV (Internet Protocol Television). Tento přenos se realizuje prostřednictvím vysokorychlostní sítě. Proto aby bylo možné používat službu IPTV je nutné být připojen k internetu. Toto připojení může být realizováno více variantami jako například ADSL anebo optické sítě. Uživatel, který používá službu IPTV, tak pro něj představuje standardní TV vysílání, avšak toto vysílání prostřednictvím IP protokolu obsahuje více služeb. Mezi služby, které jsou nejoblíbenější u IPTV patří především video na přání VoD anebo video ze záznamu VCR.

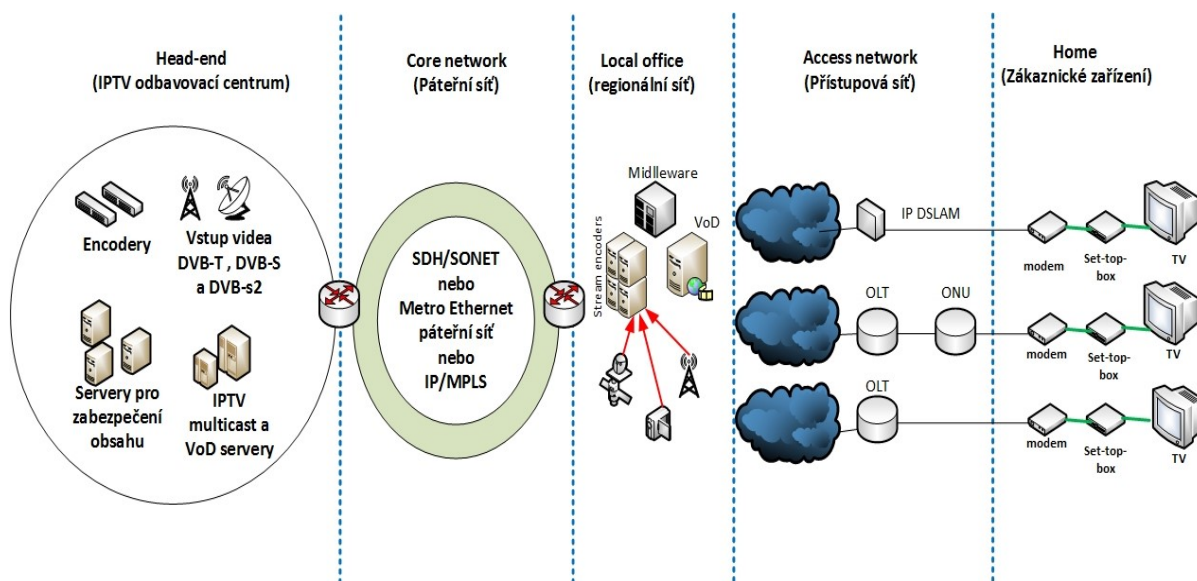
Tabulka 1.1: *Druhy DVB (Digital video broadcasting) [1].*

<b>Druh signálu</b>	<b>DVB</b>	<b>Funkce</b>
<b>DVB-T</b>	Terrestrial	Pozemní vysílání
<b>DVB-T2</b>	Terrestrial 2	Vylepšená verze pozemního vysílání
<b>DVB-S</b>	Satellite	Satelitní digitální vysílání
<b>DVB-S2</b>	Satellite 2	Vylepšené DVB-S, které je přizpůsobeno pro HD
<b>IPTV</b>	Internet protocol Television	Digitální televize přes internetový protokol
<b>DVB-C</b>	Cable	Kabelové digitální televizní vysílání
<b>DVB-H</b>	Handhelds	DVB pro příjem mobilních přístrojů
<b>DVB-MHP</b>	Multimedia Home Platform	Interaktivní aplikace v digitálních televizích
<b>DVB-SH</b>	Satellite and Handhelds	Kombinace satelitního vysílání a příjmu pro mobilní přístroje
<b>DVB-MT</b>	Microwave Terrestrial	Šířená dat pro pozemní vysílání pomocí mikrovln
<b>DVB-MC</b>	Microwave Cable	Šířená dat pro kabelové vysílání pomocí mikrovln
<b>DVB-MS</b>	Microwave Satellite	Šířená dat pro satelitní vysílání pomocí mikrovln

### 1.1.1 Architektura IPTV

Architektura IPTV a její topologie pro televize přes IP protokol si lze rozdělit do 5 částí. Tyto části jsou zobrazeny na obrázku 1.2 a nazývají se:

- Head-end (odbavovací pracoviště).
- Core networks (páteřní síť).
- Local Office (regionální odbavovací pracoviště).
- Access network (přístupová síť).
- Zákaznické zařízení – Home.



Obrázek 1.2: Architektura IPTV [2], [3].

#### 1.1.1.1 Head-End část

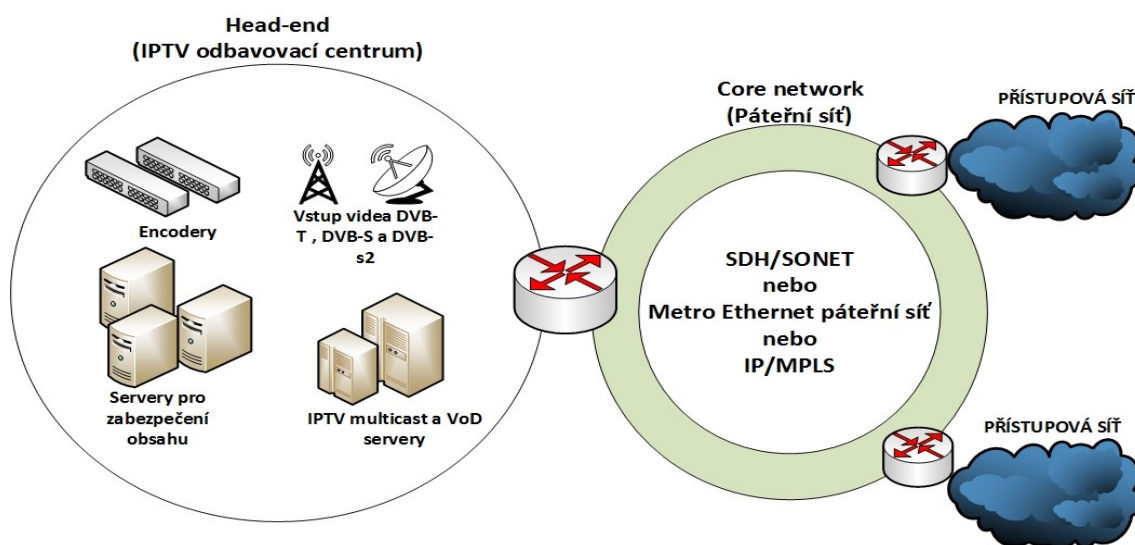
Head-End část, neboli odbavovací pracoviště tvoří začátek topologie architektury IPTV. Odbavovací část je skupina zařízení, které obstarávají příjem signálu a dále tento signál distribuují do sítě, což znamená, že do sítě posílá televizní programy a rozhlasové stanice. Tyto programy a rozhlasové stanice jsou v Head-End části přijímány ve formě analogového nebo digitálního signálu. V případě přijímaného analogového signálu je nutné, aby byl převeden do digitální formy a následně na něm byla použita komprese. Komprese, které jsou nejpoužívanější například VC-1, MPEG-4/H.264, MPEG-2). Signál, který vychází z této části je vyslán do páteřní sítě tzv. core network.

### 1.1.1.2 Část Core Network

Další částí architektury IPTV je část core network, neboli páteřní síť. Tato část je postavena na technologii IP/MPLS. Část core network je používána především z důvodu přenosu většího objemu datových toků, které jsou přenášeny velkou rychlostí. Obstarává především přenos mezi IPTV datovým centrem a jinými typy přístupových sítí.

**Nejčastěji používané technologie v Core network:**

- ATM over SDH/SONET,
- IP/MPLS,
- Metro ethernet.



Obrázek 1.3: Head-end, páteřní síť a přístupová síť [2].

### 1.1.1.3 Access network

Část Access network, neboli přístupová síť je další částí architektury IPTV. Tato část se stará především o přenášení datových toků ke koncovým uživatelům. Důležitým faktorem v této části hrají parametry kvality služby, tedy QoS (Quality of Service). Což znamená, že lze upřednostnit přenos videosignálu a zabránit zpoždění nebo rozdělení.

**Přístupové datové sítě:**

- xDSL,
- optical fiber (FTTx),
- Wireless network.

### 1.1.1.4 Local Office

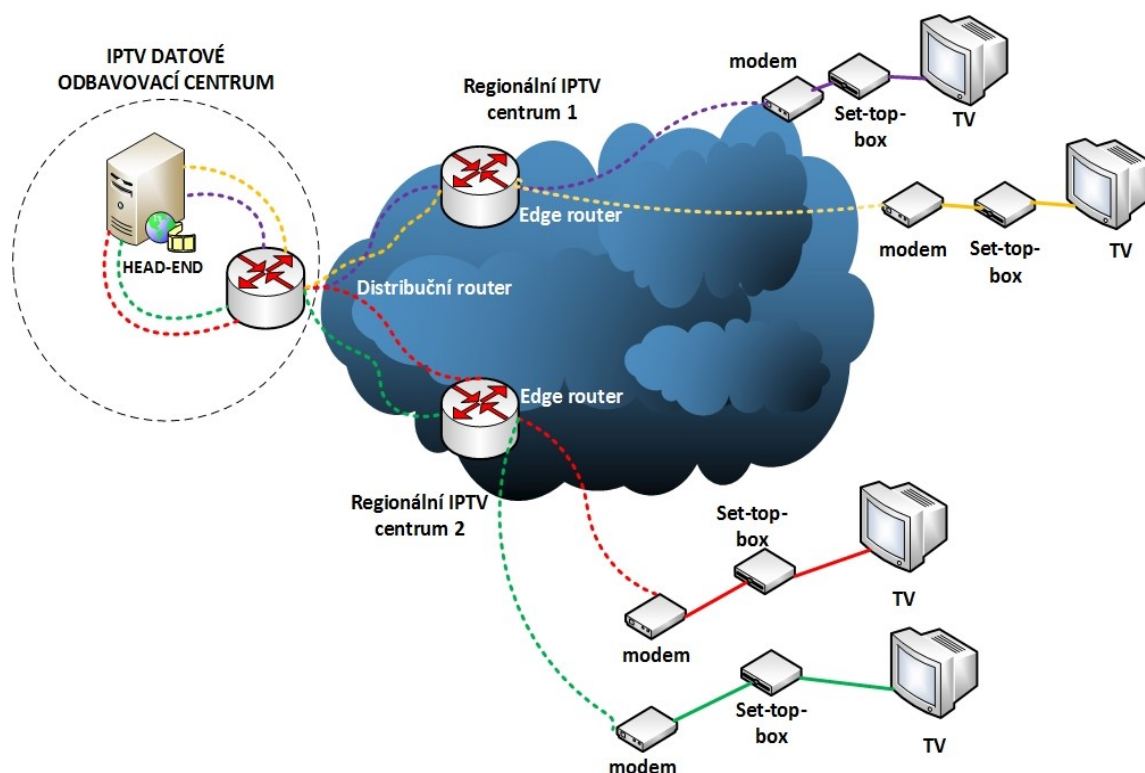
Další část, která tvoří architekturu IPTV je část zvaná Local Office, neboli regionální odbavovací pracoviště. Úkolem tohoto regionálního odbavovacího pracoviště je přidávání obsahu do vysílání, které putuje dál do sítě. Regionální pracoviště pro představu může místní rozhlas anebo televizní kanál. V této části jsou dále umístěny uložistiště (archivy) nebo Vod servery.

### 1.1.1.5 Home

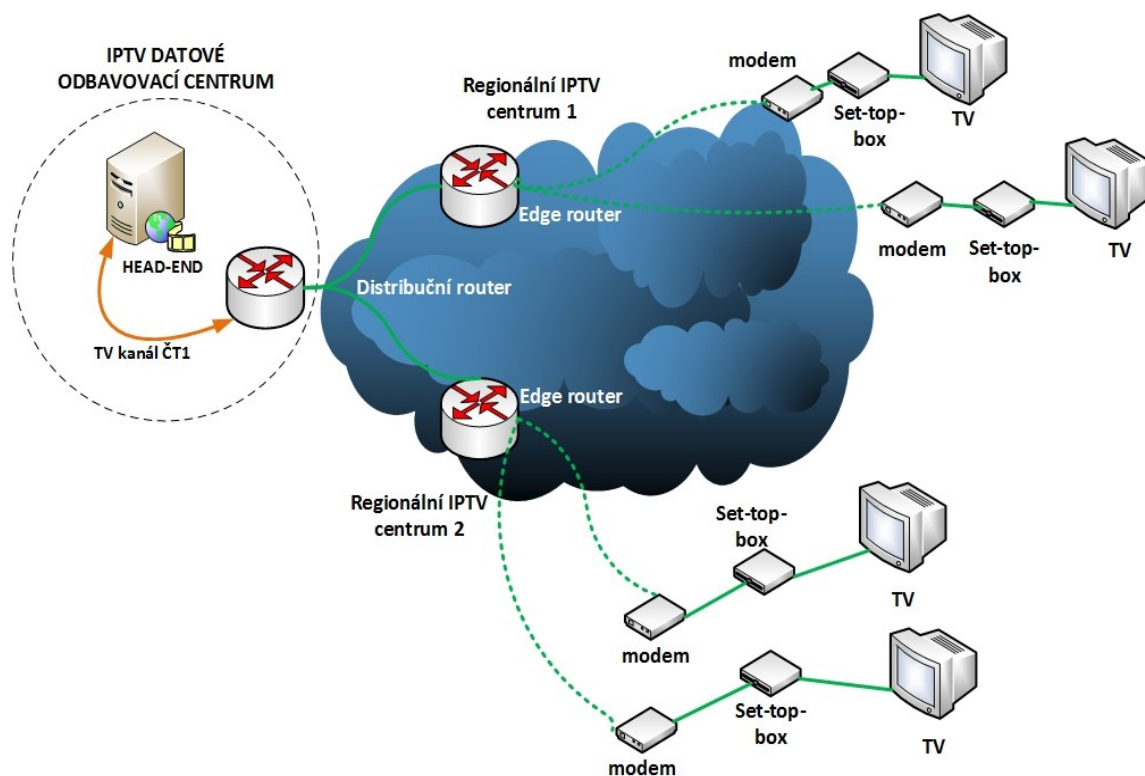
Poslední částí, která je obsažena v architektuře IPTV je část s názvem Home. Tato část obsahuje koncové zařízení, kterými jsou v největších případech počítače, ONU jednotky, Set-Top-Boxy anebo televize, které je už mají zabudovány od výroby. Podstatou těchto koncových zařízení je ukončení datových toků a převedení jejich signálu na grafickou podobu, tedy výstup na televizorech anebo obrazovkách počítačů, které toto dokáží.

### 1.1.2 Komunikace typu unicast a multicast

IPTV komunikace probíhá více druhy vysílání. Druhem vysílání je myšleno komunikace typu unicast nebo multicast. Ve většině případů však vysílání probíhá spíše skupinově, tedy multicastem. Metoda Unicast je používá jen v případech použití služeb, které si zákazník zaplatil (VoD, VCR). Při normálním používání Unicastu by došlo k zahlcení serverů, což by znamenalo jejich pád. Proto se pro vysílání používá multicastové vysílání, kdy je televizní signál posílán skupinově a tím nedochází k zahlcení serverů, které toto vysílání posílají.



Obrázek 1.4: *Princip komunikace typu unicast [3].*



Obrázek 1.5: *Princip komunikace typu multicast [3].*

#### 1.1.2.1 Unicast

Typ komunikace unicast, byl kdysi v sítích typu IP velmi používaný. Principem této komunikace je velmi jednoduchý. Probíhá mezi dvěma zařízeními, kdy zařízení které je zdrojem posílá data příjemci a adresa příjemce je obsažena ve vyslaném paketu. Pokud však do komunikace bude přidán další účastník, je nutné vytvořit nový paket, který bude obsahovat novou adresu pro tohoto nového příjemce. V jednoduchosti to znamená, že zařízení které je zdrojem, musí vysílat data tolikrát, kolik je příjemců. Pokud je tedy čtyři příjemců, zdroj musí vysílat čtyřikrát. Tato komunikace mezi jedním zdrojem a čtyřmi příjemci je zobrazena na obrázku 1.4. Jelikož je tato komunikace velmi náročná pro servery, je používána především pro interaktivní služby jako jsou například videa na přání VoD nebo VCR. Důvod použití u těchto služeb je prostý, komunikace totiž funguje z druhé strany, tedy od zákazníka k serveru.

#### 1.1.2.2 Multicast

Typ komunikace typu multicast, neboli skupinové vysílání poskytuje oproti unicastového typu úsporu síťových prostředků:

- více zdrojů a více příjemců,
- jeden zdroj a více příjemců.

Vysílání typu multicast slouží pro skupinové vysílání, což znamená, že zdroj oproti unicastu může data vysílat jen jednou, ale jeho kopie se doručí všem příjemcům. Kopie, které jsou vytvořeny se tvoří jen ve směrovačích, které jsou umístěny v blízkosti koncového uživatele. Tímto způsobem se velmi šetří přenosové prostředky v síti. Typ multicastového vysílání se liší oproti tomu Broadcastového tím, že data jsou vysílány do skupiny, která je právě vybraná. U Broadcastového

přenosu jsou tyto data poslána všem. Skupiny v multicastu lze představit jako například skupinu číslo 1, která přehrává jen televizní kanál ČT sport, dále třeba skupinu číslo 2, která naopak přehrává televizní kanál TV Prima. Pokud jsme ve skupině číslo 1, sledujeme kanál ČT sport, pokud však budeme chtít sledovat kanál TV Prima, musíme se přepnout do skupiny číslo 2. To znamená odhlášení se ze skupiny číslo 1 a přihlášení se do skupiny číslo 2. Tento princip komunikace je zobrazen na obrázku 1.5. Skupiny, které se používají pro multicast mají rozsah od 224.0.0.0 do 239.255.255 [33].

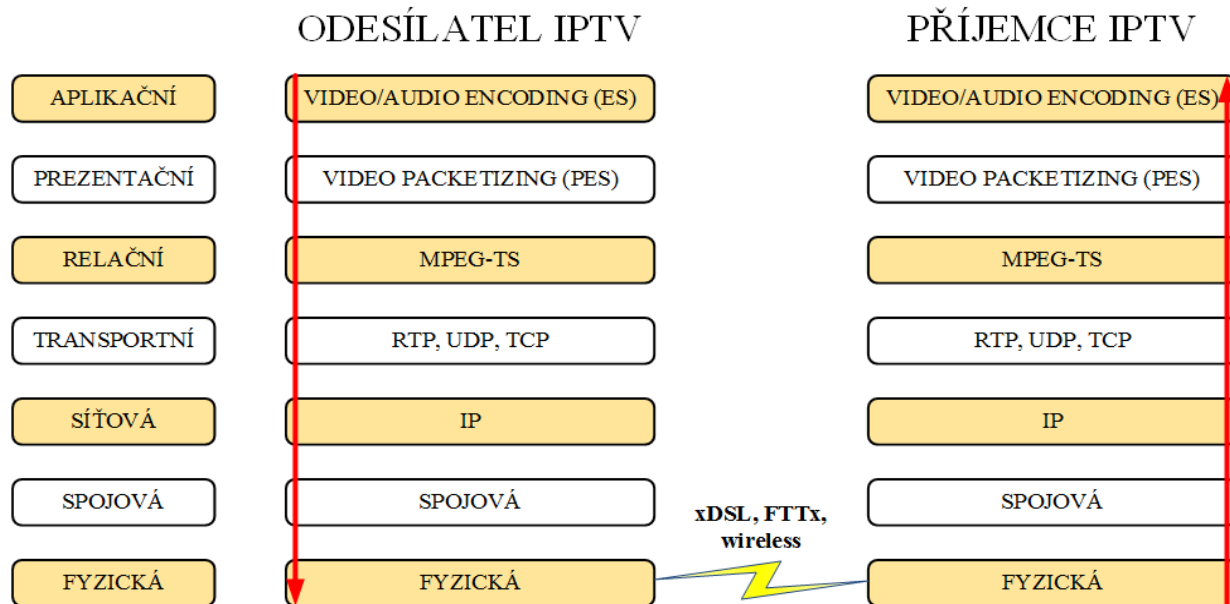
### Rozdělení IPTV do skupin multicastu se rozděluje následujícím způsobem:

Pro rozdělování je důležitá IP adresa nebo port.

- **PORT:** skupina videí, která má stejnou multicastovou adresu a každé video které je v této skupině je unikátně rozlišeno od ostatních videí číslem portu. Z důvodu velkého zatížení přístupové sítě není moc používán.
- **Multicastová adresa:** video které je vysíláno do sítě nese svou multicastovou adresu a svůj port. Adresa videa může vypadat takto: 224.1.1.1:9001. Pokud si koncový uživatel vybere tuto adresu, bude sledovat pouze toto video.

#### 1.1.3 Protokoly a kodeky IPTV

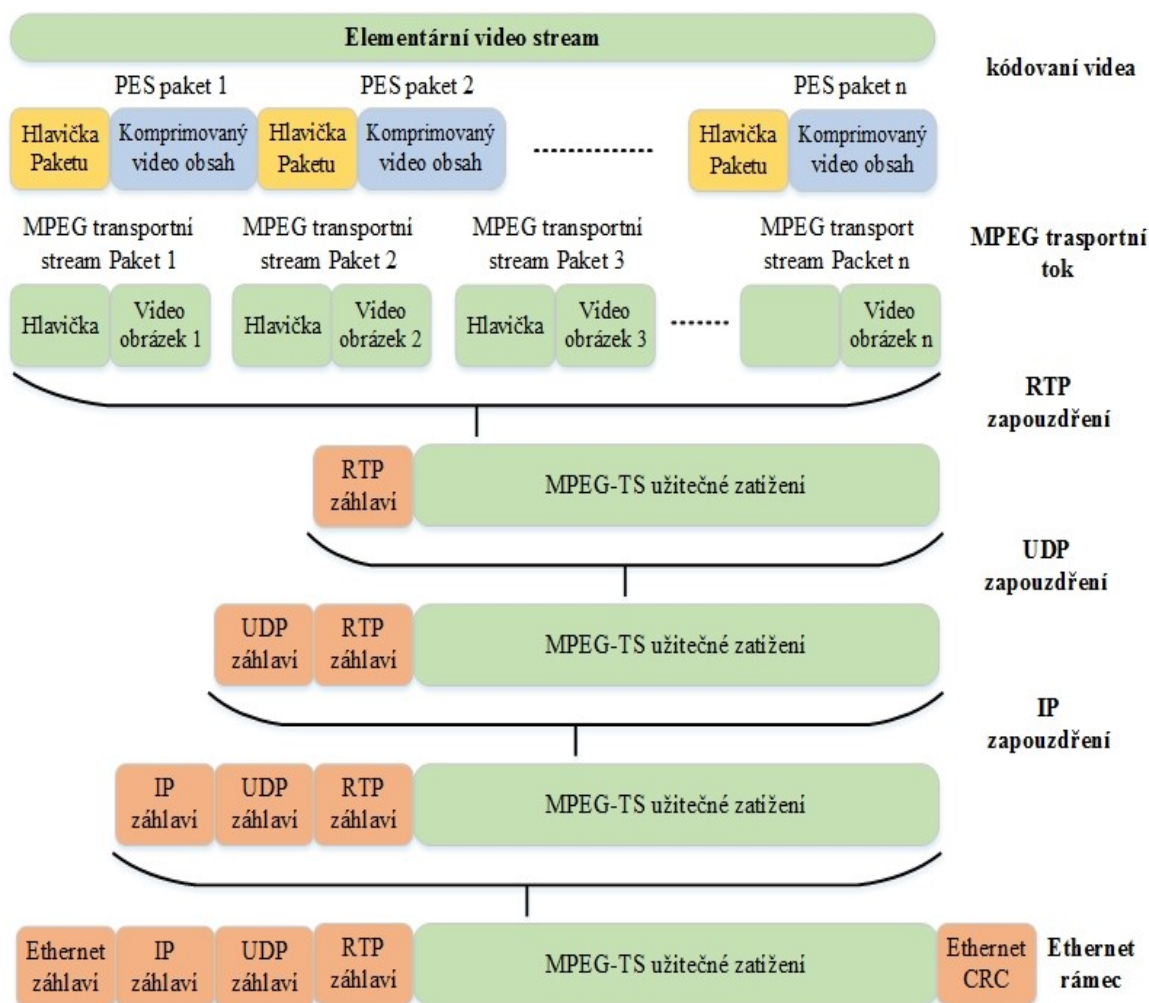
Kodeky a protokoly vycházejí z IPTV modelu, který je vytvořen na referenčním modelu ISO/OSI. Stejně jako model OSI, tak i IPTV model se skládá ze 7 vrstev a každá vrstva z tohoto modelu má svůj úkol. Princip je postupný, tedy pokud jedna vrstva splní svůj úkol, pošle data do následující vrstvy.



Obrázek 1.6: Porovnání ISO/OSI modelu a modelu IPTV [3].

Obrázek 1.6 nám ukazuje porovnání ISO/OSI modelu a modelu IPTV. Z tohoto obrázku vychází, že model IPTV obsahuje 3 hlavní vrstvy, které jsou dále realizovány vrstvami 7 až 5. Tyto vrstvy pracují převážně s formáty videí a aplikacemi pro videa. Vrstvy, které zbývají, slouží pro zapouzdření signálů s videem a k následnému přenosu mezi zdrojem a cílem, tedy video servery a koncovými uživateli. Operace, které jsou používány v modelu IPTV jsou v obrázku 1.7 [33].





Obrázek 1.7: Zapouzdření [2], [3].

Stanice rozhlasu a televizní programy, se ve většině případů přijímají v digitální podobě (rozhlas - DAB – Digital Audio Broadcasting, video – DVB – Digital Video Broadcasting), ovšem může nastat případ, kdy je signál analogový. V tomto případě musí být tento signál převeden do digitální podoby a následně zkomprimován pomocí komprese. Při získání digitálního signálu je tento digitální signál buď zanechán ve výchozím kodeku, anebo zkomprimován do jiného kodeku. Tato operace vytvoří datový tok. Tento datový tok se skládá z malých bloků PES. PES bloky jsou složeny z datového záhlaví a snímku. Tyto bloky jsou dále vkládány do přenosového datového toku MPEG-TS [33].

#### 1.1.3.1 IP (Internet Protocol)

IP protokol, je jeden ze základních protokolů, který pracuje na 3 vrstvách ISO/OSI modelu. Tento protokol poskytuje diagramovou službu protokolům TCP/IP. TCP/IP. V dnešní době se využívají dvě verze a to starší verze IPv4 a novější IPv6[4].

### 1.1.3.2 Protokol IGMP (Internet Group Management Protocol)

Protokol IGMP je důležitým protokolem pro fungování IPTV. IGMP slouží pro implementaci protokolu IP o podporu IP multicast. Jeho úkolem je, aby se zařízení jako je Set-Top-Box mohl přihlásit do dané multicastové skupiny a tímto přihlášením mohl přijímat multicastový tok. Tento protokol pro svou činnost používá tyto základní příkazy:

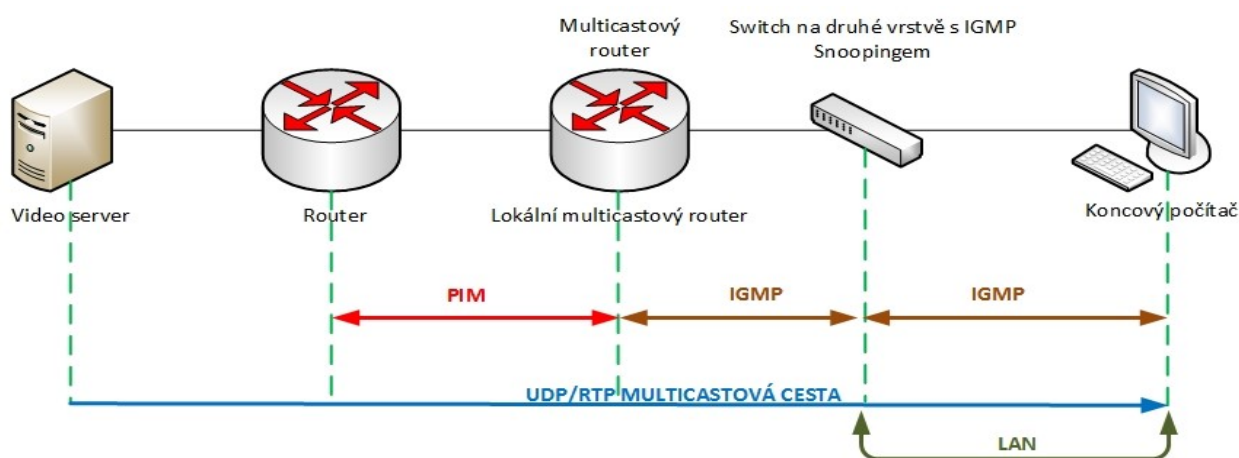
- Přihlášení se do skupiny – „Membership report“
- Odhlášení se ze skupiny – „Leave group“

**Verze protokolu IGMP, které jsou v IPTV používány:**

- **IGMPv1:** Tato verze obsahuje 64 bitů, kdy prvních 0-7 bitů slouží pro dotazy, 8-15 bitů je nevyužito, dalších 16 bitů slouží pro kontrolní součet a zbylých 32 bitů obsahují adresu skupiny.
- **IGMPv2:** Druhá verze protokolu IGMP je podobná té z verze 1, ale navíc jeho 8-15 bity obsahují maximální čas na odpověď.
- **IGMPv3:** Třetí verze protokolu IGMP má už pozměněnou strukturu. První 8 bitové pole obsahuje typ dotazu, dále jedno 8 bitové a jedno 16 bitové rezervované pole je při vysílání nastaveno na nulu a při přijímání je ignorováno. Na 16 bitech je uveden počet záznamů, kterých může být, až n. Struktura záznamů skupin obsahuje spolu s různými informacemi i adresu skupiny [1].

### IGMP snooping

IGMP snooping je tzv. ochranný/optimalizační mechanismus pro **L2 switche**. V normálních případech je přenos multicastového toku distribuovat jako broadcast což znamená, že je tok směřován na všechny porty kromě příchozího. Při použití IGMP snooping přikážeme, aby došlo ke zkoumání multicastového provozu a tím dojde i k detekci přihlašovacích a odhlašovacích zpráv (Join a Leave). Díky této detekci se učí, na kterém portu se nachází zákazník a kde se nachází směrovač. Podle toho co se naučil, si vytváří tabulku, díky níž přeposílá multicast pouze na porty, na kterých zákazník požaduje tento provoz. V jednoduchosti by se dalo říct, že IGMP snooping dynamicky konfiguruje porty pro příjem multicast toku [5].



Obrázek 1.8: Struktura pro multicastové služby [6].



### 1.1.3.3 *Protokol PIM (Protocol Independent Multicast)*

PIM protokol je součástí multicastových směrovacích protokolů pro internetové sítě IP (LAN, WAN, Internet). Tyto sítě poskytují distribuce dat one-to-many a many-to-many. Součástí názvu PIM je „independent“ a to z důvodu toho, že PIM protokol nemá vlastní zjišťovací mechanismy. Tyto mechanismy jsou nahrazovány směrovacími informacemi, které jsou dodávány jinými směrovacími protokoly.

**PIM protokol se objevuje ve více variantách:**

- **PIM řídký režim (PIM-SM)**

Varianta PIM-SM je obsažena v síti, ve které se nenachází mnoho zákazníků, kteří používají multicast. V této variantě jsou multicastové zprávy posílány pouze směrovačům, které si tyto skupinové zprávy požadují. Používá jednosměrné sdílené stromy s kořenem v RP a může vytvářet stromy nejkratších cest pro zdroje, vyžaduje na síti Rendezvous Point (RP). Zdroje posílají multicast přímo připojeným routerům (DR), DR (router s nejvyšší IP) je zabalí a jako unicast pošle na RP, ten je posílá členům multicast skupiny. RP oznamuje zdroje a vytváří cestu od zdroje ke členům skupiny, teprve potom posílá multicast diagramy [5].

- **PIM hustý režim (PIM-DM)**

Varianta PIM-DM, je obsažena v síti, kde se objevuje větší množství zákazníků, kteří si žádají multicastový provoz. Provoz v této síti je odeslán do všech směrovačů a směrovač, který nechce přijímat provoz, tak to musí oznámit. PIM-DM si vytváří strom nejkratších cest. Pro ořezávání a zaplavování používá metodu flood and prune (nejprve zaplaví doménu multicastem a pak ořezává větve, kde nejsou příjemci). Rozhraní jsou přidávány do směrovací tabulky multicastu na daném směrovači. Špatně škálovatelný, je ideální pro LAN, kde jsou členové hustě (densely) umístěni v síti [5].

- **PIM-SDM**

Varianta PIM-SDM funguje podobně jako PIM-DM nebo PIM-SM. Pokud se v síti nenachází RP (Rendezvous Point), tak se chová jako PIM hustý režim (PIM-DM), pokud obsahuje RP tak se chová jako PIM řídký režim (PIM-SM).

- **Obousměrný PIM**

Tato varianta tvoří obousměrné sdílené stromy, ale nikdy ne strom nejkratších cest, takže může mít delší end-end vzdálenost, ale dobře škáluje [5].

- **PIM zdrojově-specifický multicast (PIM-SSM)**

Vytváří stromy, které mají kořen pouze v jednom zdroji. Adresa vysílače je známá a příjemci se registrují přímo ke zdroji vysílání [5].

### 1.1.3.4 *Protokol TCP (Transmission Control Protocol)*

Protokol Transmission Control Protocol, je představitelem 4. vrstvy ISO/OSI. Tento protokol je spojově orientovaný což znamená, že se mezi komunikujícími stranami vytvoří obousměrné spojení, které slouží ke spolehlivému doručení segmentů ve správném pořadí. Hlavička segmentu TCP

obsahuje celkem 20 bytů pro zaručení spolehlivosti přenosu. Protokol TCP se používá pro přenos dat, email, webové prohlížeče atd. [4].

### **1.1.3.5 Protokol UDP (User Datagram Protocol)**

Protokol User Datagram Protocol je protokol, který se používá pro aplikace, které nepotřebují spolehlivý přenos, to znamená, že některé pakety se poškodí, ztratí anebo dojdou v odlišném pořadí. Oproti protokolu TCP nepoužívá automatické opětovné odesílání poškozených a ztracených dat. Pokud dojde ke ztrátě nebo poškození těchto dat, lze si o ně požádat sám. Tímto způsobem se liší od protokolu TCP, který se zabývá kontrolou datového toku a navazuje přímé spojení. V jednoduchosti to znamená, že zdroj odešle paket a dále se nestará, jestli dojde v pořádku anebo nedojde vůbec. Protokol UDP je používán k přenosu hlasu u VoIP, nebo přenosu videa anebo DNS. Datová jednotka, kterou používá protokol UDP je datagram [4].

### **1.1.3.6 Protokol RTP (Real-time Transport Protocol)**

Protokol Real-Time Transport Protocol funguje na 4. vrstvě (transportní) a podporuje koncové multimediální přenosy v reálném čase. Tento protokol RTP je vytvořen pro nejen jednosměrné skupinové přenosy ale také pro více směrové přenosy. Podporuje přenos dat v reálném čase a pro tento přenos používá UDP protokol. Protokol se může využívat pro IP telefonii (VoIP), push to talk systémy. V IPTV se tento protokol používá pro přenos typu multicast SSM.

### **1.1.3.7 Protokol RTCP (RTP Control Protocol)**

Tento RTCP protokol pracuje na transportní vrstvě a používá se pro přenos signalizace svázané s přenosem multimédií. Pro jeho činnost spolupracuje s protokolem UDP. RTCP protokol používá dva typy zpráv[4].

- Informace o zdroji dat (SR – Sender Report) – směr přenosu od zdroje k příjemci.
- Informace o příjemci dat (RR – Receiver Report) – směr přenosu je od příjemce ke zdroji.

### **1.1.3.8 MPEG-TS (MPEG-Transport Stream)**

Tento transportní protokol je vytvořen na standartu MPEG-2 part 1. Je používán převážně tam, kde dochází ke ztrátovosti přenosu dat, nejčastěji v televizním vysílání (DVB vysílání). MPEG-TS není kodek, ale je to tzv. digitální kontejner, který v sobě nese PES bloky. Protokol MPEG-TS umožňuje opravit chyby, ke kterým dochází při distribuci.

### **1.1.3.9 MPEG-2 (Moving Picture Experts Group)**

Kodek MPEG-2 je součástí rodiny kodeků MPEG. Tento kodek slouží ke snížení datového toku a tím i velikosti výsledného souboru u digitálně zpracovávaných videozáznamů při co nejmenším viditelném zhoršení kvality po dekomprimaci. Kodek MPEG-2 je standardním formátem, který je používán pro přenos a ukládání videa na DVD, nebo při distribuci digitálního televizního signálu DVB-T. Aplikace, které tento kodek vyžadují pro dekomprimaci nebo komprimaci kladou vyšší náročnost na zatížení výpočetní kapacity procesoru, než tomu bylo u staršího kodeku MPEG-1 [2].

Formát MPEG-2 se liší od formátu MPEG-1 tím, že dokáže pracovat s tzv. proměnlivým datovým tokem (VBR - variable bit rate). Tato změna v praktické části znamená, že software který provádí komprimaci rozpoznává scénu, která obsahuje řadu za sebou jdoucích velmi podobných (statických) snímků, mezi kterými jsou jen velmi malé rozdíly - např. moderátor, který (z pohledu

videostopy) „pouze“ otevírá ústa. V takovém případě sekvence obsahuje velmi málo klíčových snímků a relativně málo doplňkových informací k dopočtu výsledného obrazu. Opakem je např. záznam hokejového zápasu. Ve výsledku je pak průměrný datový tok (výsledný soubor) menší než při použití konstantního datového toku (CBR - constant bit rate) a současně kvalitnější, neboť u náročných scén se dočasně datový tok zvýší [7].

### **1.1.3.10 MPEG-4 (Moving Picture Experts Group)**

Tento protokol MPEG-4 je skupina patentovaných metod, které definují kompresi a uložení zvukových a obrazových dat. Tato skupina metod MPEG-4, byla seznámena se světem v roce 1998 a představovala skupinu standardů pro kódování audia, videa. Při použití tohoto formátu MPEG-4 je zahrnuta komprese AV dat pro web, video a hlasovou komunikaci, DVB vysílání a ukládání dat na DVD a CD. Tento formát používá vlastnosti ze starších formátů MPEG-1 a MPEG-2 a dalších. K těmto vlastnostem přidává nové, jako například práce s trojrozměrnými objekty, podpora pro DRM specifikované třetí stranou a různé druhy interaktivity. Standard MPEG-4 se stále vyvíjí [8].

### **1.1.3.11 VC-1 (Video Codec-1)**

Jedná se o kodek, který se často prezentuje názvem SMPTE 421M, ale více se objevuje pod názvem VC-1. Video kodek byl původně vytvořen jako proprietární formát videa od společnosti Microsoft. Video kodek je tvořen kódovacím nástrojem, který prokládá video sekvence, stejně jako progresivní kódování. Když se tento kodek vytvářel, jeho hlavním úkolem byla podpora komprese prokládaného obsahu bez předchozího převedení na progresivní, což je více atraktivní pro vysílání a profesionální video průmysl.

## **1.1.4 Nejznámější služby poskytované IPTV**

### **1.1.4.1 EPG (Electronic Programming Guide)**

Služba EPG je obsažena jak v digitálním vysílání, tak ve vysílání IPTV. U obou vysílání funguje na stejném principu tedy úkolem je programový průvodce. Tento průvodce se zobrazuje na obrazovce televizoru nebo monitoru koncového zařízení a jeho úkolem je zobrazení TV programu, kdy je možné si prohlédnout i detailnější informace daného kanálu, nebo právě probíhající vysílání, anebo filtraci daných programů. Lze tuto funkci použít i pro organizaci TV zábavy, kdy si lze naplánovat TV pořady, které chceme sledovat anebo provést jejich nahrávání [9].

### **1.1.4.2 PPV (Pay Per View)**

Pay Per View je služba, která umožňuje zákazníkovi sledovat pořady, které lze za určitý poplatek sledovat. V jednoduchosti lze tuto službu popsat tak, že pokud máme zájem o zhlédnutí nějakého programu, který je placený, tudíž není volně šířený, použijeme právě tuto službu a zaplatíme si za něj. Služby, které patří do placených jsou mimochodem také video na přání VoD, kdy je možné daný přenos shlédnout ze záznamu. Služba Pay Per View se ale používá spíše pro živé přenosy, u kterých si nemůžeme určit čas vysílání [10].

### **1.1.4.3 VoD (Video on Demand)**

Další z nejznámějších služeb IPTV, je placená služba Video on Demand, která v překladu znamená video na vyžádání a z překladu vyplývá, čím se služba bude zabývat. Službu Video on Demand lze chápat jako službu, díky které si můžeme virtuálně půjčovat filmy. Což znamená, že si

z pohodlí domova najdeme film, který si chceme přehrát a vytvoříme na něj objednávku. Tato objednávka je placená. V této objednávce se vybere kdy se daný film/seriál spustí. Objednaný film/seriál si budeme moci přehrát po dobu 24 hodin (i opakovaně), poté se přístup k němu uzavře [11].

#### 1.1.4.4 VCR (Video Cassette Recorder)

Služba Video Cassette Recorder pracuje jako video nahrávač, kterým se v minulosti i dnes dají nahrávat pořady, které v jejich čas přehrávání nemůžeme sledovat. Proto, aby bylo možné ukládat nahrané pořady, existují dva způsoby:

- Set-top-box se zabudovaným HDD – lze na něj ukládat data.
- Nahrávání na server poskytovatele – způsob podobný službě VoD.

## 1.2 Hlasová služba VoIP

Tato služba umožňuje pro přenos digitalizovaného hlasu prostřednictvím počítačové sítě, díky internetového protokolu IP a je nazývána jako VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Provozovatel této služby je nucen být připojen na telefonní ústřednu s veřejnou telefonní sítí PSTN (*Public Switched Telephone Network*). Díky připojení k této veřejné síti je možné telefonovat do ostatních sítí s mnohem nižšími poplatky než u standardních telefonních služeb.

Hlasová služba VoIP má ze všech tří služeb nejméně náročná na šířku pásma, problémem se však stává její citlivost na zpoždění a kolísání zpoždění (jitter) nebo právě na ztrátovosti paketů.

Důležitým faktorem pro zabezpečení dobré kvality hlasové služby je nutné počítat s danými parametry, které jsou na dané komunikační trase použity. Tyto parametry jsou například použité zařízení, kodeky, protokoly atd.

Charakteristickým rysem VoIP je využití dvou typů paketů:

- Pakety signalizace,
- pakety obsahující uživatelské data.

Tabulka 1.2: Hierarchie protokolů ve VoIP

Zvuk	Video	RTCP
Zvukové kodeky	Video Kodeky	
RTP		
UDP		
IP		
DATOVÁ VRSTVA		
FYZICKÁ VRSTVA		
HLASOVÉ DATA		

### 1.2.1 Použité kodeky

Pro distribuci hlasu v datové síti je nutné hlas kódovat, jelikož není důležité, aby přenos hlasu zabíral zbytečně velkou část přenosové šířky média, čímž by vlastně ubíral kapacitu linky. Tabulka 1.3 popisuje šířku pásma a hodnotu MOS daných kodeku.

Tabulka 1.3: *Šířka pásma a hodnota MOS kodeku*

Kodek	Bandwidth [kbit/s]	MOS
G.711	64	4,1
G.723.1 ACELP	8	3,65
G-726	16, 24, 32, 40	3,7
G.729A	5,3	3,92

#### Kodek G.711

Jedná se o základní kodek, od kterého se dále rozvíjejí další kodeky. Kodek G.711 je také označován jako pulsně kódová modulace PCM (Pulse-code modulation) a jeho vzorkovací kmitočet je 8 kHz a hodnota MOS 4,1. Kodek G.711 vytváří signál s přenosovou rychlostí 64 kb/s. V tomto kodeku se používají dvě sady komprimace:

- $\mu$ -law: tato sada se používá v Severní Americe a Japonsku,
- a-law: tato sada se používá hlavně v Evropě a ve zbytku světa.

Rodina kodeku G.711 je tvořena těmito kodeky:

- G.711.1 – velikost vzorkovací frekvence je dvojnásobná 16 kHz a přenosová rychlost 64, 80 nebo 96 kb/s.
- G.711.0 – Poskytuje bezeztrátovou komprimaci [12], [13].

#### Kodek G.723.1

Jedná se o kodek s jednou z nejlepších kompresí, kdy komprimuje hlasový signál o délce 30 ms se vzorkovací frekvencí 8 kHz. Kodek G.723.1 je však pod ochranou patentů a v případě jeho použití je nutné mít licenci [14].

Používá dva druhy kódování:

- MP-MLQ (MultiPulse Maximum Likelihood Quantization) – datový tok 6,3 kbit/s a hodnota MOS 3,9.
- ACELP (Algebraic Code Excited Linear Prediction) – datový tok 5,3 kbit/s a hodnota MOS 3,65.

#### Kodek G.726

Kodek je náhradou za G.723 a používá se při komprimaci hlasu v hovorovém pásmu od 300-3400 Hz. K tomuto kódování se používá modulace ADPCM (Adaptive Differential Pulse-code Modulation). Princip této modulace je následující, příchozí signál je porovnán s predikčním vzorkem. Pokud je správně zvolena predikce tak rozdíl mezi těmito vzorky je minimální a kódování tohoto rozdílu je méně náročné na počet bitů [12], [13].

### Kodek G.729

Tento kodek pracuje s hovorovým signálem s délkou 10 ms a vzorkovací frekvencí 8 kHz. Díky použití CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction) má jeho datový tok rychlost okolo 8 kbit/s a jeho hodnota MOS je 3,92. Kodek G.729 je však pod ochranou patentů a v případě jeho použití je nutné mít licenci [12].

### Kodek G.729A

Jedná se o vylepšenou verzi předchozího kodeku G.729 a stejně jako předchozí verze je pod ochranou patentů a je nutné mít licenci, pro jeho používání. Tato upravená verze snižuje náročnost na výpočet algoritmu, avšak na úkor je snížena kvalita přenosu a MOS klesá na 3,7[12].

## 1.2.2 Použité protokoly

Pro přenos signalizace se ve VoIP používají převážně dva protokoly H.323 a SIP. Hierarchie hlavních protokolů je zobrazena v tabulce 1.4.

Tabulka 1.4: *Hierarchie hlavních protokolů IP telefonie[15].*

Signalizace	Vzorky	Signalizace	Vzorky
H.323	RTP	SIP	RTP
TCP	UDP	UDP/TCP/TLS	UDP
IP		IP	
Protokol H.323		Protokol SIP	

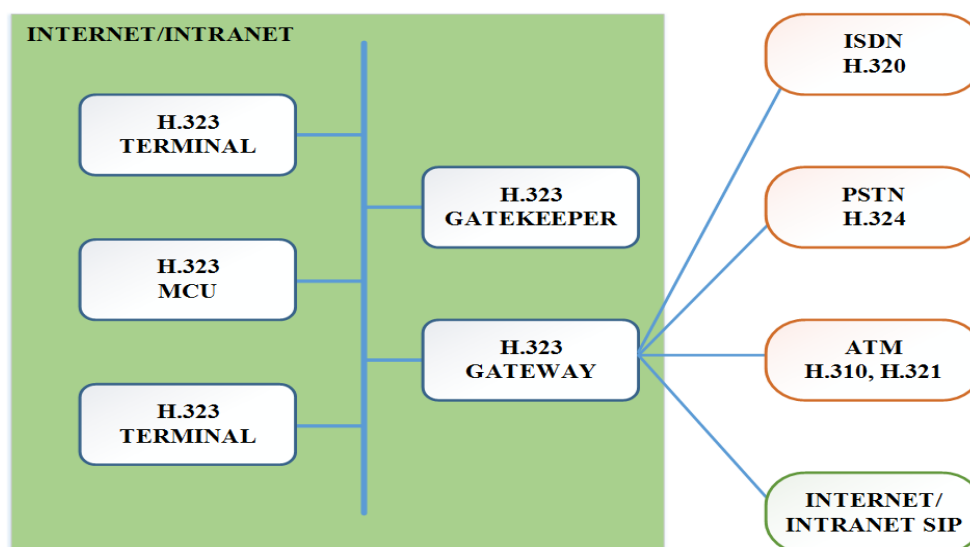
### 1.2.2.1 Protokol H.323

Za vývojem tohoto protokolu stojí organizace ITU (International Telecommunication Union). Tento protokol se skládá ze sady protokolů, které slouží pro přenos hlasu, videa a dat v IP síti.

Tabulka 1.5: *Popis protokolu H.323 [16].*

Název	Popis protokolu
<b>H.323</b>	Specifikace systému
<b>H.225.0</b>	Hovorová kontrola, nastavení hovoru, synchronizace a paketování vysílání
<b>H.235</b>	Ochranný protokol pro autentizaci, soukromí atd.
<b>H.245</b>	Schopnost výměny komunikace a režimu přepínání
<b>H.450</b>	Doplňkové služby
<b>H.264</b>	Spolupráce s kruhovými přepínacími službami
<b>H.232</b>	Použití pro velkorozměrné konference
<b>H.26x</b>	Video kodeky (H.261 a H.236)
<b>H.7xx</b>	Audio kodeky (G.711, G.723, G.729...)

Protokol H.323 je složen ze čtyř hlavních komponentů síťové komunikace, které jsou zobrazeny na obrázku 1.8.



Obrázek 1.9: Typy koncových bodů H.323[17].

Protokol používá pro výměny informací mezi komunikujícími subjekty tyto kanály:

- **RAS** – kanál pro komunikaci mezi bránou a koncovým bodem.
- **Signalizující hovor** – kanál nesoucí informace o ovládání hovoru a doplňkových službách.
- **Logický kanál pro media** – nosič audia, videa a jiných medií.

### H. 323 terminál

Terminály jsou H. 323 kompatibilní koncové body, které mohou být realizovány v softwaru na pracovních stanicích nebo jako samostatná zařízení (například telefony). Jsou přiřazeny k jedné nebo více aliasu (např. Jméno uživatele /URI) anebo telefonní číslo. Slouží k obousměrné komunikaci v reálném čase s ostatními body[17].

### H. 323 gateway/brána

Brány propojují subjekty H. 323 (například koncové body nebo další brány) do jiných sítí. Některé brány jsou schopny přeložit odlišné kodeky tak, aby se snížila šířka pásma datového toku [17].

### H. 323 gatekeeper/vrátný

Tento prvek je volitelný, ale pokud se v systému nachází, je to v překladu tzv. Vrátný. Prvek je správcem subjektu v prostředí H.323. Je mimo jiné odpovědný za řízení přístupu, překlad adres, řízení šířky pásma a spravování zón. H.323 prostředí je rozděleno do zón (které mohou, ale nemusí být v souladu se základní topologií sítě) a každá zóna je řízena jedním primárním vrátným (s volitelnou záložní vrátní). Vrátní můžou také poskytnout přidanou hodnotou, například působí jako konferenční most nebo nabízí doplňkové služby volání[17].

## H. 323 MCU (Multipoint Control Unit)

Prvek MCU podporuje videokonferenci mezi více než dvěma body sítě. Skládá se ze dvou komponentu:

- MC (Multipoint Controller) - vícebodový kontrolér, který poskytuje řídicí funkce.
- MP (Multipoint Processor) – vícebodový procesor, který zpracovává vysílání pro konferenci.

### 1.2.2.2 *Protokol SIP*

SIP (Session Initiation Protocol) je řídicí protokol, který pracuje na aplikační vrstvě. Jeho cílem je jeho snadná implementace, rozšiřitelnost a dostatečná flexibilita. SIP je textově orientovaný a nese podobné rysy jako protokoly HTTP a SMTP. Používá pro sestavování, modifikaci a ukončení hovoru s účastníkem nebo účastníky.

Rozdíl mezi protokoly H.323 a SIP je takový, že u protokolu H.323 jsou entity rozdělovány do zón, které jsou obsluhovány vrátným (GK) a spojení je realizováno uvnitř zóny anebo mezi jednotlivými zónami. U SIP protokolu tomu je jinak a jeho SIP entita je vázána k doméně, která je obsluhovaná SIP Proxy. Jednotlivé SIP entity jsou realizované pomocí SIP URI (SIP Uniform Resource Identifier).

### SIP prvky

Základními prvky SIP protokolu jsou dva prvky:

- Uživatelský agent (User Agent).
- Síťový server - Proxy server, server přesměrování, server registrace.

User Agent je reprezentován koncovými SIP stanicemi, jako jsou například HW nebo SW telefony, PSTN brány (GW), mobilní telefony. Tyto SIP stanice obsahují dva komponenty:

- Uživatelský agent Serveru (User Agent Server) – část, která přijímá požadavky a odesílá odpovědi.
- Uživatelský agent klienta (User Agent Client) – část, která vysílá požadavky a přijímá odpovědi.

### SIP metody

Metody SIP jsou používány k sestavení, modifikaci a k ukončení hovoru. Jedná se o šest metod, které jsou popsány níže.

- INVITE – slouží pro inicializaci spojení nebo modifikaci.
- ACK – slouží pro potvrzení konečné odpovědi nežádost INVITE.
- BYE – zpráva o ukončení spojení.
- CANCEL – ukončení/zrušení sestavovaného spojení.
- REGISTER – žádost o registraci uživatele.
- OPTIONS – slouží ke zjištění vlastností SIP zařízení.

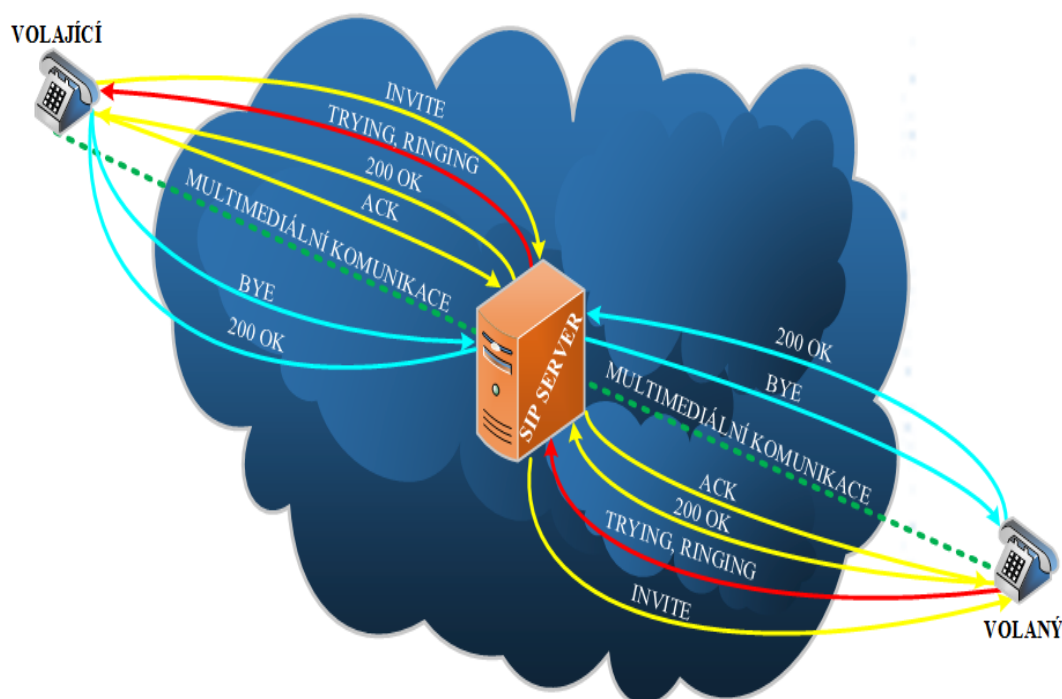


### SIP chybová hlášení

Tyto hlášení vychází z prohozu HTTP. Pro výpis používají formát zápisu xxx, kdy vedle číselného označení mají připojenou i textovou verzi například 100 – Trying.

Kategorie chybových hlášení:

- 1xx – průběh spojení (100 – Trying, 180 – Ringing, atd.),
- 2xx – krok byl ukončen bez problémů (200 OK, 202 accepted),
- 3xx – přesměrování (300 Multiple Choices, 305 Use Proxy, atd.),
- 4xx – chyba klienta (400 Bad Request, 403 Forbidden, atd.),
- 5xx – chyba serveru (500 Server Internal Error, 502 Bad Gateway, atd.), 6xx – fatální chyba (603 Decline, 606 Not Acceptable, atd.).



Obrázek 1.10: Příklad SIP komunikace

Nejdříve posílá volající klient volanému inicializační zprávu INVITE. Když volaný klient tuto zprávu obdrží, nastane stav vyzvánění a je-li hovor přijat, tak je volajícímu klientovi zaslána odpověď 200 OK. Volající klient pak potvrdí úspěšné sestavení relace zprávou ACK. Z obrázku je také vidět, že veškerá SIP komunikace jde přes SIP server. Když se jeden z účastníků rozhodne ukončit spojení, pošle serveru zprávu BYE a ten ji přepošle druhému klientovi. Tím je spojení ukončeno.

Další protokoly jako jsou RTP a RTCP jsou popsány v předchozích kapitolách 1.1.3.6 a 1.1.3.7.

### 1.2.3 Hodnocení kvality hovoru VoIP

Pro hodnocení kvality hovoru se používají dvě metody:

- subjektivní metoda hodnocení kvality,
- objektivní metoda hodnocení kvality.

#### Subjektivní metoda

U subjektivní metody existují dva způsoby a to jsou konverzační a poslechové.

**Konverzační metoda – CQ (Conversational Quality)** – tento model hodnocení kvality je určen do laboratoří, kde je tato simulace provedena. Princip je jednoduchý a spočívá v tom, že se mezi sebou spojí dva uživatelé a provádí mezi sebou hovor, kteří nezávisle hodnotí kvalitu přenosu. Třetí osoba, která se nachází v laboratoři, hodnotí podmínky testu. Celé hodnocení se řídí stupnicí MOS.

**Poslechová metoda – LQ (Listening Quality)** – tento model hodnocení kvality je mnohem jednodušší než model CQ. Princip spočívá v tom, že je přehrávaný hovorový signál, který je hodnocen pomocí metod jako je například ACR (Absolute Category Rating), který je nejpoužívanější a principem je přímé hodnocení kvality řeči tak, že každé promluvě je testujícím subjektem přiřazeno ohodnocení vycházející ze stupnice MOS. Další způsoby jsou např. (Quantal-Response Detectability Tests, DCR, CCR...).

Tabulka 1.6: *Stupnice MOS[12].*

MOS	KVALITA	ZHODNOCENÍ
5	Výborné (Excellent)	Nepostřehnutelné
4	Dobré (Good)	Postřehnutelné
3	Slušné (Fair)	Mírně obtěžující
2	Špatné (Poor)	Obtěžující
1	Nevhodné (Bad)	Velmi obtěžující

#### Objektivní metoda

Objektivní metody nejsou jako subjektivní metody hodnoceny lidským faktorem, ale jedná se o matematické algoritmy, které se snaží zkoumat průběh digitalizovaného hlasového signálu. Principem je to, že se vyhodnocuje měřený vzorek na základě výpočtů dle matematických modelů a výsledné hodnoty by měly odpovídat lidskému vnímání[18].

Objektivní metody se dělí na dvě podskupiny a to na intrusivní a neintrusivní. Intrusivní metody jsou založeny na srovnání původního signálu se signálem, který byl přenesen pomocí telekomunikačního řetězce. Mezi tyto metody patří například PSQM, PAMS nebo PESQ.

Neintrusivní metody jsou metody u kterých se používá k výpočtu hodnoty MOS pouze signál, který prošel telekomunikačním řetězcem. Tudíž není potřeba znát původní signál. Mezi tyto metody patří například 3SQM, INMD, CCI. [19]

**E –model**

Tato metoda vyhodnocování kvality hovoru přiřazuje koeficient každému faktoru, který daný hovor ovlivňuje na jeho kvalitě. Výsledkem tohoto hodnocení je hodnota faktoru R. Tato hodnota se pohybuje v rozmezí od 0 do 100 a je definována jako lineární kombinace těchto koeficientů.

Pro výpočet R faktoru se používá tato rovnice:

$$R = R_0 - I_S - I_D - I_{E-EFF} + A,$$

$R_0$ : poměr signálu k šumu

$I_S$ : součet všech zhodnocení

$I_D$ : faktor znehodnocení vlivem zpoždění signálu

$I_{E-EFF}$ : paketová ztrátovost

A: faktor zvýhodnění hovoru

Tabulka 1.7: *E-model [20].*

R-faktor [-]	MOS [-]	Spokojenost uživatele
100 - 90	4,5 - 4,34	velmi spokojený
90 - 80	4,34 - 4,03	spokojený
80 - 70	4,03 - 3,60	někteří uživatelé nespokojeni
70 - 60	3,60 - 3,10	mnoho uživatelů nespokojeno
60 - 50	3,10 - 2,58	téměř všichni uživatelé nespokojeni
49 - 0	2,6 - 1,0	nedoporučuje se

**Faktory ovlivňující službu VoIP**

Faktory, které ovlivňují službu VoIP jsou následující:

- ztrátovost paketů,
- kolísavé zpoždění,
- zpoždění.

**Ztrátovost paketů**

Ztrátovost paketů způsobuje deformaci hlasových přenosů a čím vyšší je ztrátovost paketů, tím vyšší je deformace hlasového přenosu. Ztrátovost paketů je udávána buď pomocí procent [%] anebo absolutním počtem paketů, které jsou nedoručeny ke koncovému zařízení. Ztrátovost paketů, která je tolerována u služby VoIP je maximálně 1%. Vliv ztrátovosti je závislý na typu použitého kodeku.

**Kolísavé zpoždění**

Parametr, který je důležitý a velmi ovlivňuje službu VoIP je parametr kolísavé zpoždění, neboli jitter. Tento parametr nám udává odchylky, které byly zjištěny mezi průchody jednotlivých

paketů. Toto zpoždění lze částečně odstranit, pokud se použije buffer, který slouží k vyrovnávání paměti v koncovém zařízení. Maximální hodnota jitteru by měla dosahovat max 30 ms.

### **Zpoždění**

Doporučení ITU-T G.114, definuje zpoždění, tedy stanovuje povolené jednocestné zpoždění 150 ms. Parametr zpoždění definuje čas uplynulý od vyslaného paketu po jeho přijetí. Při zpožděná, které dosahuje hodnot 150-400 ms je služba hlasu degradována a pro uživatele může být nedostatečná. Při vyšších hodnotách zpoždění je provoz služby nepřijatelný.

Tabulka 1.8: *Povolené meze zpoždění ITU-T G.114*

<b>Jednocestné zpoždění</b>	
<b>Hodnota zpoždění [ms]</b>	<b>Popis</b>
0-150	Doporučený rozsah (ITU G.114)
0-200	Doporučený rozsah (Cisco)
150-400	Degradovaná služba VoIP (ITU G.114)
> 400	Nepřijatelný rozsah pro VoIP (ITU G.114)

## **1.3 Datová služba**

Tato služba, která je součástí služeb Triple Play má za cíl možnost sdílet, přijímat a odesílat data prostřednictvím internetové sítě. Pro účel této komunikace slouží protokol FTP, který umožňuje manipulovat se soubory, které se nacházejí v různých částech sítě.

### **1.3.1 FTP protokol**

Protokol FTP (File Transfer Protocol) slouží pro přenos souborů mezi koncovými uživateli v datové síti a není závislý na operačním systému, který se nachází u koncového uživatele. Protokol operuje na aplikační vrstvě RM OSI/ISO modelu a pracuje na principu klient-server, kdy ke svému přenosu používá protokol TCP. Pro komunikaci používá dva porty a to TCP/20 a TCP/21. FTP server na portu 21 naslouchá na příchozí spojení z FTP klienta. Na portu 20 se přenáší jen data a na portu 21 i příkazy[4].

Připojení k FTP serveru je možné provést ve dvou režimech a to v pasivním nebo aktivním, kdy pasivní režim je bezpečnější.

#### **Aktivní režim**

V tomto režimu navazuje server připojení pro přenos dat a klient naslouchá. Problém však nastává, pokud se klient připojuje z privátní sítě a jeho IP adresa musí být přeložena.

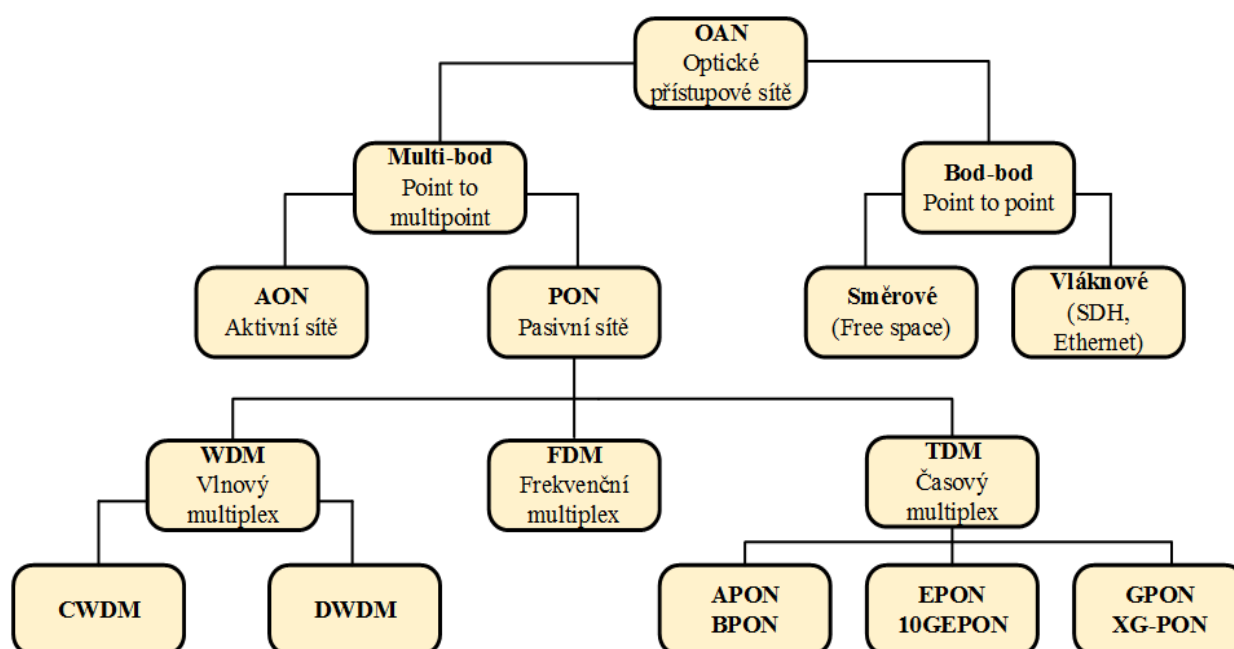
#### **Pasivní režim**

V tomto režimu navazuje klient připojení, kterému při sestavování poslal server svou IP adresu a TCP port na kterém naslouchá.

## 2 Optická přístupová síť

V dnešní době se stává optická přístupová síť základem pro spojení zákazníka s providerem. V minulosti se nejčastěji pro spojení používalo metalické vedení. Avšak i dnes stále převládá metalické vedení, které se u nás používá řadu let, ale díky větší náročnosti na rychlost a kvalitu poskytovaných služeb se zavádí optické přístupové sítě. Tyto sítě mají rychlosti v desítkách Gbps a proto jsou vhodnější pro multimediální služby, které se v současnosti stávají velmi žádané. Mezi tyto služby patří například IPTV nebo VoIP. Celá komunikace v optických přístupových sítích probíhá po optických vláknech.

### 2.1 Rozdělení optických přístupových sítí



Obrázek 2.1: Rozdělení OAN[21].

Z obrázku 2.1 jde vidět, že optické přístupové sítě se rozdělují do dvou větví. Toto rozdělení je způsobeno podle distribuce signálu ke koncovému uživateli. Rozdělení je tedy na mnohobodové sítě a jednobodové sítě. Tyto skupiny jsou dále rozděleny do dalších podskupin.

V případě sítí Point-to-Multipoint se dělí na pasivní optické sítě (PON) a aktivní optické sítě (AON). V mnohobodové síti je nejvyužívanější pasivní optická přístupová síť a to především z hlediska nepotřeby použití aktivních prvků, které využívají elektrickou energii, avšak na koncových a hlavních optických jednotkách jsou aktivní prvky nutné. Druhá skupina v mnohobodové síti je aktivní optická přístupová síť a ta využívá optické zesilovače a další aktivní prvky, díky nimž je schopna vysílat na delší vzdálenosti.

V případě jednobodových sítí je na koncové straně připojen pouze jeden uživatel, a proto je tento druh jeden z nejjednodušších na realizaci. V tomto způsobu zapojení je každý uživatel zapojen

zvlášť a to buď jedním vláknem, nebo dvěma. Pokud by bylo zapojení realizováno dvěma vlákny, pak by bylo každé vlákno použito pro odlišný způsob přenosu. Tedy jedno vlákno by bylo použito pro upstream a druhé pro downstream.

## 2.2 Základní funkční celky optické přístupové sítě

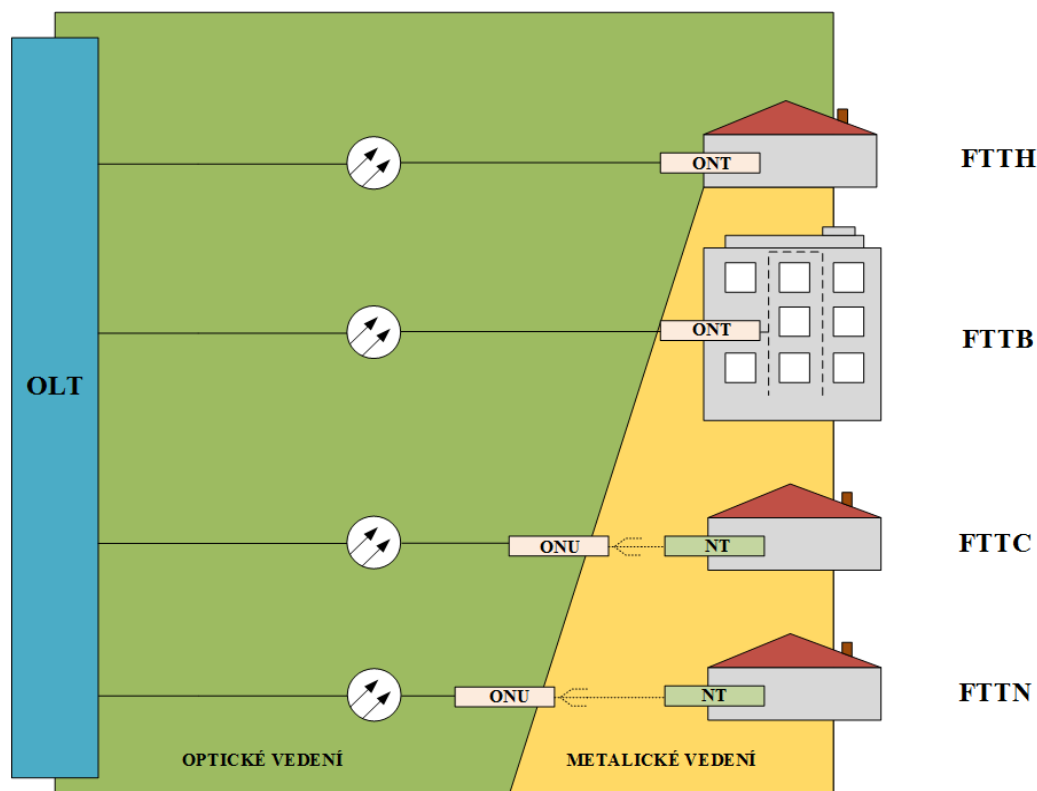
V optických přístupových sítích jsou základem tři prvky. Mezi tyto prvky patří vysílač, přenosové médium a přijímač. Těmito prvky se rozumí, že vysílač slouží jako zdroj záření, přenosovým médiem je bráno optické vlákno, prostřednictvím kterého se přenáší dané informace ve formě fotonu.

Optická přístupová síť přenáší signál mezi koncovým bodem a spojovací sítí. Proto je složena z několika aktivních prvků. Na straně distributora se používá optické linkové zakončení (OLT) a na straně koncového uživatele optické síťové zakončení (ONT) a ukončující jednotky (ONU).

- **Optické linkové zakončení (Optical Line Termination) - OLT** je prvek optické sítě, který je umístěn na straně poskytovatele internetu. Toto zařízení má za úkol převádět elektrický signál na optický a naopak, multiplexování a demultiplexování optického signálu.
- **Optická distribuční síť (Optical Distribution Network) - ODN** obsahuje soubor přenosových prostředků (vlákna, síťové prvky) mezi síťovými zakončeními.
- **Optická síťová jednotka (Optical Network Unit) - ONU** je prvek optické sítě, který má za úkol zakončit PON na straně účastníka a slouží jako rozhraní mezi optickou a metalickou přístupovou sítí. Optická síťová jednotka může navazovat síťové zakončení (Network Termination).
- **Optický síťový zakončovač (Optical Network Terminal) - ONT** je prvek optické sítě, který je vlastně speciálním typem ONU, které zprostředkovává služby specificky pro jednoho zákazníka.
- **Síťové zakončení (Network Termination) - NT** prvek slouží jako obecné síťové zakončení, které se používá na straně účastníka [22].

## 2.3 Varianty FTTx

Optické přístupové sítě FTTx jsou varianty, které jsou vybírány podle umístění konce optického vlákna. Zkratka FTTx nám v překladu říká (vlákno do „x“) a za písmenem „x“ si musíme dosadit některou z variant FTTx.



Obrázek 2.2: Optické přístupové sítě FTTx

### FTTN (Fiber To The Node)

Tento typ připojení je připojen pomocí optického vedení k uzlu, který se nachází ve vzdálenosti 1km od zákazníka. Od tohoto uzlu vede k zákaznickovému vedení, které je metalické.

### FTTC (Fiber To The Curb)

Tento typ je použit, když jsou optická vlákna přivedena k zákaznickému rozvaděči, ke kterému jsou připojeny metalickým kabelem koncové jednotky.

### FTTB (Fiber To The Building)

Tento typ umožňuje připojení optického vlákna až do budov zákazníku, kde je umístěna vlastní ONU. Způsob tohoto zapojení je používán především u větších budov. Rozvody po budově k uživateli jsou řešeny pomocí klasického UTP kabelu.

### FTTH (Fiber To The Home)

Tento způsob je ve svém překladu znamená „Vlákno do domu“, z čehož vyplývá že optické vlákno je přivedeno až do účastnické zásuvky. Vzdálenost zákazníka od ústředny může být až 20 km. Tento způsob je však ze všech variant nejdražší [23].

### 3 Optické sítě nové generace

Tato technologie patří mezi optické sítě nové generace, která je nástupcem stávajících pasivních optických sítí, jejímž cílem je exponenciální nárůst datového provozu a zvýšení rychlosti. Hlavním cílem této technologie je především snížení celkových nákladů. Toto snížení je způsobeno multiplexováním s omezenou složitostí. Sítě nové generace jsou založeny na paralelním přenosu většího množství optických signálů různých vlnových délek ve společném optickém vláknu [24].

Definice NGN dle ITU-T Y.2001 (z prosince 2004), [25]:

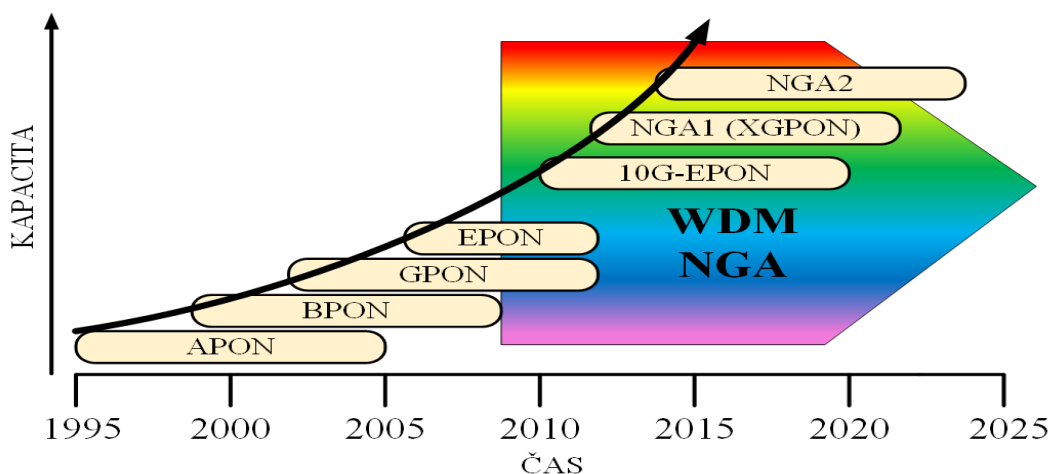
*„NGN je paketově orientovaná síť schopná poskytovat telekomunikační služby a zajistit přístup k širokopásmovým přenosovým technologiím umožňujícím QoS, ve které služby nejsou vázány na použité transportní technologie. NGN poskytuje uživatelům neomezený přístup k poskytovatelům služeb, podporuje mobilitu uživatelů a umožňuje jim zajistit trvalé a všestranné dostupné služby.“*

#### 3.1 Architektura NGA

Architektura NGA je složena ze tří domén, kdy první doména je tvořena aplikačními servery. Tyto servery se starají o dodávku služeb, které jsou označovány jako IMS (IP Multimedia Subsystem) a jsou připojeny v páteřní síti. Druhá doména, ze které se skládá NGA se nazývá řízení a používá spolehlivé servery, které se rovnoměrně rozkládají v síti. Poslední doménou, která tvoří NGA je přenosová část sítě, která se realizuje IP technologií.

Kromě těchto domén, je architektura NGA složena ještě z bran. Tyto brány se starají o zpětnou kompatibilitu se stávajícími sítěmi, které pracují s časovým dělením TDM a spojováním okruhů (ISDN, PLMN). Brány se dělí na dva typy:

- Brány MGW (Media Gateway) – slouží k převodu uživatelských informací a konverzi kódování.
- Brány SGW (Signaling Gateway) – převod signalizace paketových sítí (SIP, H. 323) na signalizace, telefonních sítí (SS7, ISDN).
- Řídící prvky MGC (Media Gateway Controller) – koordinují činnost systému.



Obrázek 3.1: Vývoj pasivních optických sítí[26].

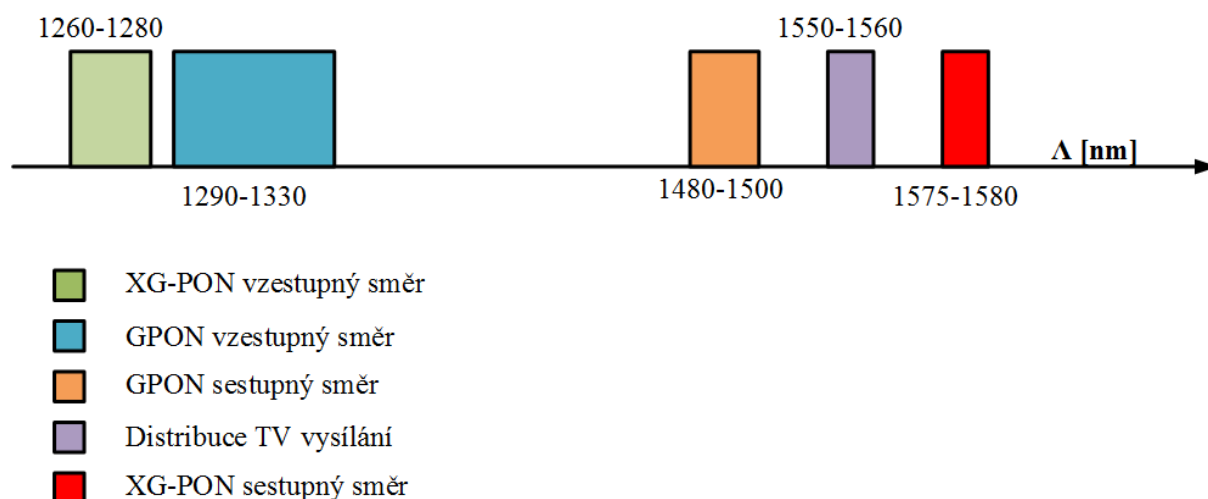


## 3.2 NGA1

Jedná se o první generaci optických sítí nové generace NGA (New Generation Access), kterou zavedli ITU-T a FSAN (Full Service Access Network). Tato architektura NGA1 je aktualizace stávajících optických sítí zatímco NGA2 je dlouhodobé řešení v pasivních optických sítí [27].

### 3.2.1 XG-PON1

Název XG-PON1 je spojován s názvem 10G-PON. Jedná se o variantu, která je zpětně kompatibilní se starší variantou GPON, při které není nutné měnit optickou přístupovou síť ODN. Pro správnou funkčnost zpětné kompatibility bylo nutné vhodně zvolit vlnové délky v přenosovém pásmu pro jednotlivé směry. Vhodné vlnové délky, které jsou použity pro sestupný a vzestupný směr jsou zobrazeny na obrázku č. 3.2.



Obrázek 3.2: Koexistence XG-PON a GPON

U varianty XG-PON1 je podle doporučení G.987 používány rozbočovače v poměru 1:256, což oproti starší varianty GPON znamená čtyřnásobný nárůst připojených uživatelů (u GPON je poměr 1:64). Dalším vylepšením je i maximální vzdálenost mezi OLT a ONU jednotkou, která činí zatím 20km. Výrazným zlepšením je i přenosová rychlost, která se nyní pohybuje pro sestupný směr 10 Gbps a pro vzestupný 2,5 Gbps.

### 3.2.2 XG-PON2

Tato nová generace, klade mnohem větší nároky na lasery, které jsou použity na ONU jednotkách a tento fakt se projevuje na vyšších pořizovacích nákladech. Rychlost u této varianty se pohybuje pro sestupný směr 10 Gbps a pro vzestupný 10 Gbps [27].

## 3.3 NGA2

Jedná se o druhou generaci NGA, která je založena především na vlnovém multiplexu WDM. Tato generace vytváří hybridní WDM-TDM PON, která díky vlnového a časového multiplexu

dosahuje rychlostí až 40 Gbps a zvyšuje poměr kanálů. Důležitým faktem je to, že díky tomuto nárůstu rychlosti a poměru je tato nová generace nekompatibilní s předchozími generacemi.[28]

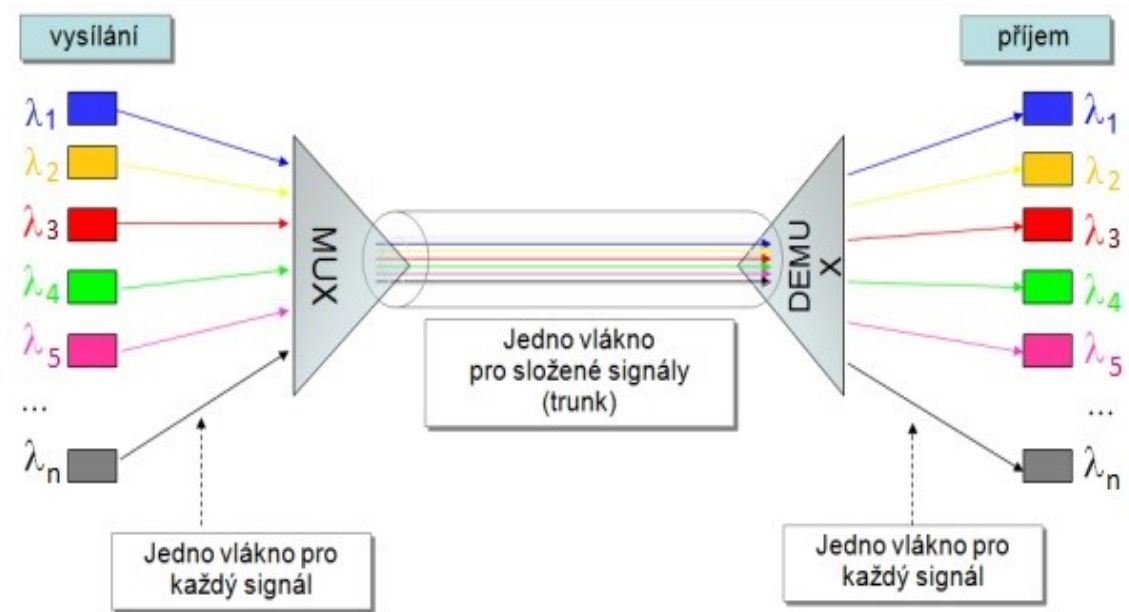
### 3.3.1 WDM-PON

Tato technologie vzniká vzhledem k tomu, že čistě pasivní optické sítě, které jsou založeny na časovém dělení TDMA se v této době blíží k výkonnostní hranici. Jedná se o další novou generaci optických přístupových sítí, která používá pro přenos vlnový multiplex, čímž je schopna pracovat s větším množstvím oddělených vlnových délek v jednom optickém vláknu.

Nová generace WDM-PON nám poskytuje nadstandardní výkon, flexibilitu, propustnost a celkovou výkonnost optických přístupových sítí [29].

#### Vlnový multiplex

U starších variant optických přístupových sítí bylo možné pro jeden přenos informací používat jen jedno optické vlákno. Což znamenalo, že se všechny přenosové kanály přenášely současně. S příchodem technologie WDM-PON, lze přenášet jednotlivé přenosové kanály samostatně po jednom vlákne. Tento přenos může probíhat v upstreamu i downstreamu, což znamená, že je vlákno obousměrné. Na obrázku 3.3 je zobrazeno fungování vlnového multiplexu.



Obrázek 3.3: Vlnový multiplex[30].

## 4 Videokonference

Multimediální komunikace, která je schopna provádět přenos videa a hlasu mezi dvěma nebo více účastníky se nazývá videokonference. Jedná se o způsob multimediální komunikace v reálném čase. Tento způsob komunikace se nejčastěji používá v podnikatelské sféře, kde šetří náklady na cestování a čas. Jelikož se jedná o způsob komunikace v reálném čase a umožňuje spojit více lokalit, nahrazuje tedy osobní setkávání zaměstnanců různých poboček jedné společnosti.

Jádrem technologie používané ve videokonferenci je digitální komprese zvukových a video streamů v reálném čase. Hardware nebo software, který provádí tuto kompresi, se nazývá kodek (kodér/dekodér). Výsledný digitální proud je rozdělen do označených paketů, které jsou pak přenášeny přes digitální síť nějakého druhu (ISDN nebo IP).

Další komponenty, které jsou potřebné pro videokonferenci:

- Video vstup: videokamera nebo webkamera.
- Video výstup: monitor počítače, televize, displej.
- Audio vstup: mikrofón nebo jakýkoliv zdroj zvukového výstupu.
- Audio výstup: reproduktory.
- Přenos dat: analogová nebo digitální telefonní síť, LAN nebo Internet.
- Počítač: jednotka pro zpracování údajů, která propojuje další komponenty, dělá kompresi a dekompresi. Inicializuje a udržuje propojení dat přes síť.

### 4.1 Videokonferenční systémy

Existují tři druhy videokonferenčních systémů:

- Vyhrazené systémy.
- Stolní systémy.
- WebRTC platformy.

#### Vyhrazené systémy

Vyhrazené systémy mají všechny potřebné komponenty balené do jednoho kusu vybavení, obvykle se jedná o konzole s vysoce kvalitní dálkově ovladatelnou videokamerou. Tyto kamery lze ovládat na dálku a posouvat horizontálně i vertikálně s následným zoomem. Tyto konzole obsahují všechny elektrické rozhraní jako je řídicí počítač a software nebo hardwarem založeným na kodeku. Všešměrové mikrofony jsou připojeny ke konzole stejně jako televizní monitor s reproduktory.

Existuje několik typů:

- **Velká skupina:** zařízení pro videokonference jsou nepřenosné, velké, dražší zařízení používané pro velké místnosti a posluchárny.
- **Malá skupina:** zařízení pro videokonference jsou nepřenosné nebo přenosné, menší, méně drahá zařízení používané pro malé zasedací místnosti.
- **Individuální:** zařízení pro videokonference jsou obvykle přenosné a jsou určeny pro jednotlivé uživatele, mají pevné kamery, mikrofony a integrované mikrofony.

### **Stolní systémy**

Jedná se o přídavné moduly (hardware nebo softwarové kodeky) k běžným počítačům a notebookům a transformuje je do videokonferenčních zařízení. Řada různých kamer a mikrofonů může být použita jako přenosové rozhraní. Většina stolních systémů pracuje se standardem H.323. Videokonference prováděné prostřednictvím rozptýlených počítačů jsou známy jako e-meeting.

### **WebRTC platformy**

Tyto platformy nejsou realizovány pomocí softwarových aplikací, ale jsou k dispozici prostřednictvím standardního webového prohlížeče. Řešení, jako je například Adobe Connect nebo Cisco WebEx se lze dostat tím, že půjdete na URL adresu, kterou zašle organizátor schůzky a je zabezpečen různým stupněm. Uživatel je však nucen stáhnout kus softwaru tzv. „Add In“ k tomu, aby mohl prohlížeč přistupovat k místní kameře, mikrofonu a navázat tak připojení ke sjednané schůzce.

## **4.2 Konferenční vrstvy**

Komponenty uvnitř konferenčního systému lze rozdělit do několika vrstev:

- Uživatelské rozhraní.
- Konferenční ovládač.
- Kontrolní/signální plán.
- Media plán.

### **Uživatelské rozhraní**

Toto videokonferenční rozhraní může být buď, grafickou nebo hlasovou odezvou. V praxi se setkávají oba typy rozhraní a za normálních okolností se grafické rozhraní vyskytuje na počítačích. Uživatelská rozhraní pro videokonference mají mnoho možností použití, lze plánovat, nastavovat a realizovat video hovory. Prostřednictvím uživatelského rozhraní je správce schopen řídit další tři vrstvy systému.

### **Konferenční ovládač**

Provádí alokaci zdrojů, řízení a směrování. Tato vrstva spolu s uživatelským rozhraním vytváří schůzky nebo přidává a odebírá účastníky z konferencí.

### **Kontrolní/signalizační plán**

Obsahuje zásobníky, které signalizují různé koncové body k vytvoření hovoru nebo konference. Signály mohou být, ale nejsou na ně omezeny, H. 323 a SIP. Tyto signály řídí příchozí a odchozí spojení, stejně jako parametry relace.

### **Media plán**

Řídí směřování zvuku a videa a streamování. Tato vrstva řídí RTP, UDP a RTCP protokoly. RTP a UDP běžně nesou informace, například typy kodeků, počet snímků za sekundu, velikost videa a mnoho dalšího. RTCP na druhé straně působí jako kontrolor kvality protokolu pro detekci chyb při streamování [31].

### 4.3 Multipoint videokonference

Videokonference mezi třemi nebo více vzdálenými body je možné pomocí vícebodové řídicí jednotky MCU (Multipoint Control Unit). Jedná se o most, který spojuje hovory z několika zdrojů. Všichni účastníci volají MCU nebo MCU může volat více stranám, které se zúčastní v pořadí. Existují MCU mosty pro IP a ISDN založené na videokonferenci. Existují MCU, které jsou čistě softwarové a další, které jsou kombinací softwaru a hardwaru [31].

### 4.4 Videokonferenční režimy

Videokonference používají několik režimů:

- Voice-Activated Switch (VAS).
- Neustálá přítomnost.

V režimu VAS jsou řídicí jednotky MCU, které přepínají koncové body podle úrovně hlasu. Pokud jsou tedy v konferenci 4 lidé, bude viděn ten, který má nejhlasitější hlas. V režimu neustále přítomnosti se zobrazuje více účastníků najednou. MCU v tomto režimu bere proudy z různých koncových bodů a staví je všechny dohromady do jediného obrazu [31].

### 4.5 Standardy

Mezinárodní telekomunikační unie ITU (International Telecommunications Union) definuje tyto standardy pro videokonference:

- ITU H. 320.
- ITU H. 264.
- ITU V. 80.

#### ITU H. 320

Tento standard je známý jako standard pro veřejné telefonní sítě (PSTN) nebo videokonference přes ISDN. Zatímco v Evropě převládá ISDN ve Spojených státech a Kanadě nebyl široce přijat.

#### ITU H. 264

Jedná se o kompresní standard, jehož úkolem je přenášet obraz ve vyšší kvalitě při nižší přenosové rychlosti. Jeho kvalita je dvakrát lepší při stejné velikosti než u MPEG-2. Snižuje zpoždění mezi zdrojem vysílání a přijímači.

#### ITU V. 80

Videokonference je obecně kompatibilizována s H. 324 standardním point-to-point video telefonii přes tradiční analogový telefonní systém POTS (Plain Old Telephony Service).

## 5 Praktické měření

Praktické měření, které je důležité pro tvorbu této diplomové práce bylo realizováno v laboratoři Vysoké školy Báňské v Ostravě na katedře telekomunikační techniky. V následující části bude prakticky vytvořena videokonference pomocí telefonů Grandstream GXV3140 a pobočkové ústředny, která je realizována pomocí Asterisku. Topologie, která bude použita v tomto měření je realizována na WDM-PON.

### 5.1 Popis experimentálního pracoviště

Experimentální pracoviště a celé měření je realizováno v prostorách katedry telekomunikační techniky v místnosti EB316. V této místnosti se nachází pasivní a aktivní prvky, které jsou umístěny ve dvou řadách A nebo B, anebo na lavici.

#### 5.1.1 Součásti topologie

##### **OLT jednotka LG-Ericsson, EAST 1100 Release 3**

EAST 1100 (Ethernet Access Service Terminal) je použita v naší přístupové síti jako OLT jednotka. Díky modulárnímu systému, který dokáže pracovat až s 11 sloty. Tyto sloty jsou rozděleny na dvě síťové rozhraní, které se starají o přívod konektivity (NI), 8 slotů pro rozhraní pasivní optické sítě, která je označena jako PI a jeden, který slouží pro řízení a je označován SW. Rychlost datové komunikace ke koncovému zařízení může dosahovat až 1 Gbps.

##### **LG-ERICSSON WPF 1132C**

LG-Ericsson WPF (Wavelength Passive Filter) 1132c toto pasivní zařízení je umístěno mezi OLT jednotkou a koncovým zařízením ONT a nepotřebuje žádné napájení. Slouží k multiplexování a demultiplexování optického signálu. Často je nazýván jako AWG filtr a slouží k rozdělení jednotlivých vlnových délek na každý výstup a zároveň tyto výstupy od sebe izolovat. K tomuto AWG filtru lze připojit až 32 koncových zařízení [32].

##### **LG-ERICSSON EARU 1112**

Toto zařízení plní funkci koncové jednotky ONU, která je umístěna v domácnostech. Jedná se o celkem úsporné a spolehlivé zařízení. Jeho rozhraní je tvořeno jedním PON portem a čtyřmi FastEthernet porty. Jednotka je kompatibilní v celém spektru vlnových délek.

##### **SIMENA NETWORK EMULATOR NE1000**

Toto zařízení slouží jako emulátor síťového provozu, který umožňuje měnit/simulovat parametry přístupové sítě jako například rychlost, zpoždění, ztrátovost paketů, BER atd. Práce na tomto zařízení probíhá pomocí webového rozhraní.

U tohoto zařízení se využívají 3 Ethernetové porty, které jsou následující:

- E1, E2
- MGMT – slouží pro přístup k webovému rozhraní

**GRANDSTREAM GXV3140**

Jedná se o hardware IP telefon, který slouží pro VoIP komunikaci a je vybavený 4,3“ TFT displejem a kamerou CMOS. Připojení je realizováno pomocí portu NETWORK (10M/100M). Ovládání tohoto telefonu je prostřednictvím 18 funkčních kláves, 4 programovatelných a 5 navigačních kláves. Podporuje konfiguraci prostřednictvím webového rozhraní.

Tento telefon podporuje tyto síťové protokoly:

- SIP RFC3261, TCP/UDP/IP, PPPoE, RTP/RTCP, SRTP, HTTP/HTTPS, ARP, ICMP, DNS, DHCP (*client*), NTP/SNTP, TFTP, Telnet, UPnP. Hlasové kodeky G.711, G.722, G.729, G.723.1, GSM-FR, G.726-32, L16-256.



Obrázek 5.1: IP telefon GXV3140

**Server ABACUS typ 1U**

Tento server je výtvozem od firmy Abacus. Jeho rozhraní je tvořeno čtyřmi síťovými kartami, které pracují s maximálními rychlostmi 100 Mbps a full duplex. Součástí tohoto serveru jsou 4 pevné disky, které jsou podmíněné pro virtualizaci. Jako operační systém je použit VMware, který pracuje na bázi operačního systému Linux. K tomuto operačnímu systému se přistupuje přes veřejnou IP adresu pomocí programu VMware Client.

**Síťové karty a jejich specifikace:**

Tabulka 5.1: Označení portů serveru Abacus

ČÍSLO PORTU	OZNAČENÍ KARTY	MAC ADRESA	SERVER
PORT 1	Mnmgmt	X	Management
PORT 2	Vmnic1	MAC:00:25:90:6c:28:05	IPTV
PORT 3	Vmnic3	MAC:00:25:90:79:98:d3	VoIP
PORT 4	Vmnic2	MAC:00:25:90:79:98:d2	DATA

### **L3 switch ZyXel XGS-4528F**

Toto zařízení hraje v našem měření důležitou roli, jelikož je nutné převést metalické vedení na optické, proto jsou využity dualní porty. Tento L3 switch podporuje více vrstev (L2/L3/L4) s podporou čtyř rychlostí připojení 10/100/1000 Mbps a 10 Gbps. Dále tento switch obsahuje 20 portů 1000BaseT, 4 Gigabitové duální porty a 1 open slot pro doplňkový 10-Gigabitových uplink modul. Pro propojení mezi OLT a Switchem je použit SFP (Small form Factor Pluggable) modul.

#### **5.1.2 Měřicí přístroje**

Měřicí přístroje, které jsou použity ke splnění této diplomové práce pochází od společnosti PROFiber Networking CZ s.r.o. a jedná se o modely značky EXFO.

##### **EXFO AXS-200/625**

Tento měřicí přístroj obsahuje IP Triple Play testovací sadu, která nabízí rychlé a důkladné metody pro nasazení Triple Play služby. Obsahuje testy pro měření jednotlivých služeb Triple Play jako jsou IPTV, VoIP a Data. V každém testu je schopen provést pokročilé měření.



Obrázek 5.2: *EXFO AXS-200/625*

## **5.2 Konfigurace zařízení**

### **5.2.1 Konfigurace OLT jednotky WDM-PON**

Konfigurace této OLT jednotky lze realizovat dvěma způsoby a to buď pomocí příkazového řádku CLI anebo pomocí grafického prostředí, které je zprostředkováno pomocí softwaru EA Manager. V této diplomové práci byl zvolen druhý způsob, kdy se na OLT jednotku přistupovalo prostřednictvím grafického prostředí, které je přehlednější a jednodušší na konfiguraci. Pro konfiguraci je důležité být ve stejné síti jako je tato OLT jednotka a být připojený UTP kabelem k portu EMS (Element Management Systém). Jestliže má počítač se softwarem EA manager správnou IP adresu, pak stačí tento program spustit. Po spuštění tohoto programu se zobrazí přihlašovací okno, kde jsme vyzváni k zadání přihlašovacích údajů:

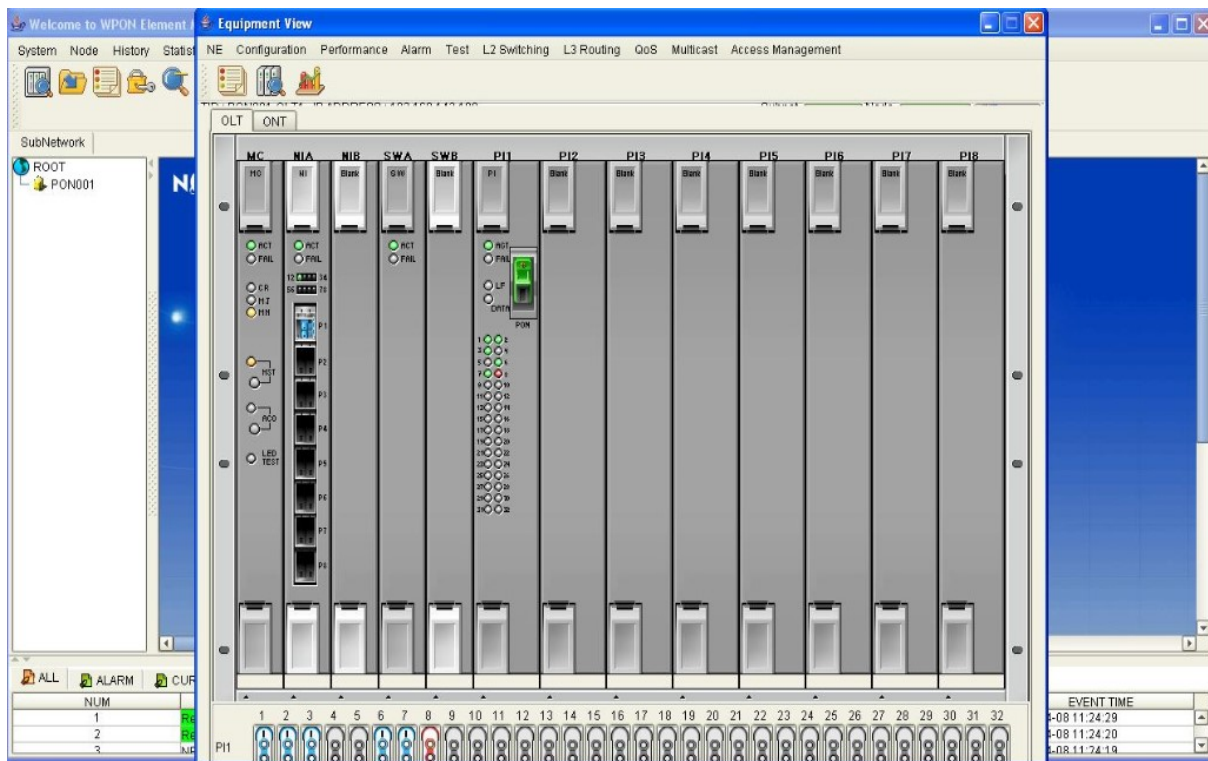
**SERVER IP:** 192.168.142.105

**USER ID:** admin

**PASSWORD:** admin



Jakmile dojde k zadání těchto přihlašovacích údajů, může se začít se samotnou konfigurací OLT jednotky. Jako první po přihlášení je nutné udělat synchronizaci SW s připojenou OLT jednotkou. Tato synchronizace se provádí kliknutím na *Systém → DB Synchronization*. Pro zobrazení okna se zásuvnými kartami, je nutné kliknout na ikonu PON001, zobrazí se okno Equipment View, kde jsou zobrazeny všechny zásuvné karty. Pro aktivaci jednotlivých karet a koncových jednotek ONU je nutné v okně Equipment View kliknout pravým tlačítkem na modul PI1 a ze zobrazené nabídky zvolit *Configuration→Facility*. Okno se zásuvnými kartami Equipment View po základní konfiguraci je znázorněno na obrázku 5.10.

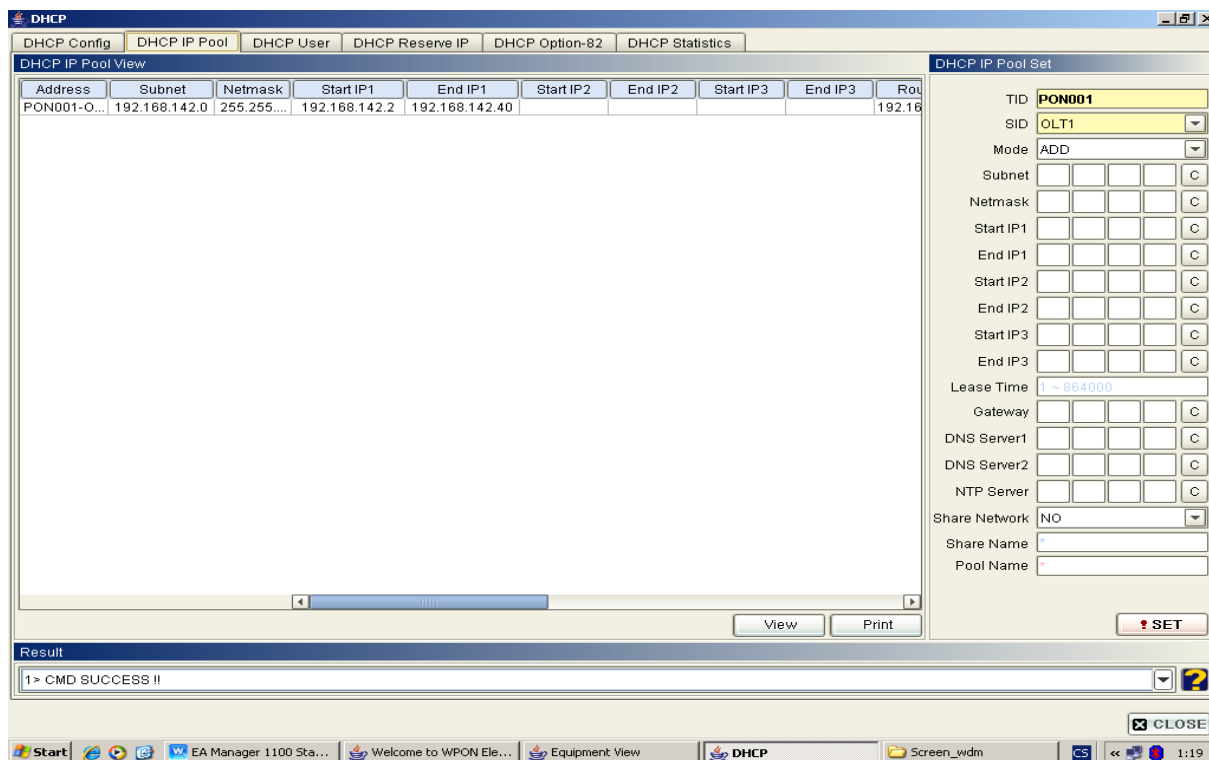


Obrázek 5.3: Okno Equipment View – hlavní panel OLT WDM-PON

#### 5.2.1.1 Konfigurace DHCP serveru

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) je v počítačové terminologii název pro protokol z rodiny TCP/IP. Tento protokol se používá pro automatické přidělování IP adres počítačům, které se připojují do počítačové sítě. Protokol DHCP těmto počítačům/koncovým jednotkám přiděluje zejména IP adresu, masku sítě, výchozí bránu a adresu DNS serveru. Při každé konfiguraci DHCP serveru je nutné zadat rozsah adres, ze kterých budou IP adresy vybírány. Toto rozmezí je definováno jako DHCP pool neboli bazén adres.

Proto, aby v naší síti fungovalo rozdávání adres a aby bylo pohodlnější připojování dalších zařízení bez nutnosti složité konfigurace IP adres, bylo nutné nakonfigurovat DHCP server. DHCP serverem byla naše OLT jednotka WDM-PON. Díky předešlým pracím na této OLT jednotce byl DHCP server již vytvořený, tak jsem pro svou diplomovou práci využil již vytvořený DHCP ip pool. Rozsah adres v tomto IP Poolu byl 192.168.142.1 – 192.168.142.40. Tento již vytvořený IP Pool je zobrazeny na obrázku níže.



Obrázek 5.4: *DHCP IP pool*

### 5.2.2 Konfigurace L3 Switche ZyXel

Pro konfiguraci L3 switche je nutné, aby počítač přes který se přistupuje ke grafickému prostředí byl ve stejné síti jako je MGMT rozhraní s adresou 192.168.1.1. Po zadání této adresy do libovolného prohlížeče jsme vyzváni k zadání přihlašovacích údajů:

Username: admin

Password: 1234

Po zadání těchto údajů jsme přesměrováni na hlavní obrazovku grafického rozhraní tohoto zařízení. Pro nás je důležité sjednotit rychlosti jednotlivých portů tak, aby seděla jejich rychlost s rychlostmi rozhraní na virtuálních strojích, pokud by se tak neudělalo, propustnost sítě by byla omezená.

### 5.2.3 Konfigurace Simena Network Emulator:

Pro práci na tomto zařízení je nutné se připojit na webové rozhraní, na kterém se realizují veškeré simulace. Pro přístup k webovému rozhraní je důležité mít na zařízení (PC, NTB) nastavenou takovou IP adresu, aby byla ve stejné síti jako je Simena Network Emulator a aby byl PC zapojený přes UTP kabel do MGMT portu. K webovému rozhraní se lze dostat zadáním následující IP adresy do webového prohlížeče:

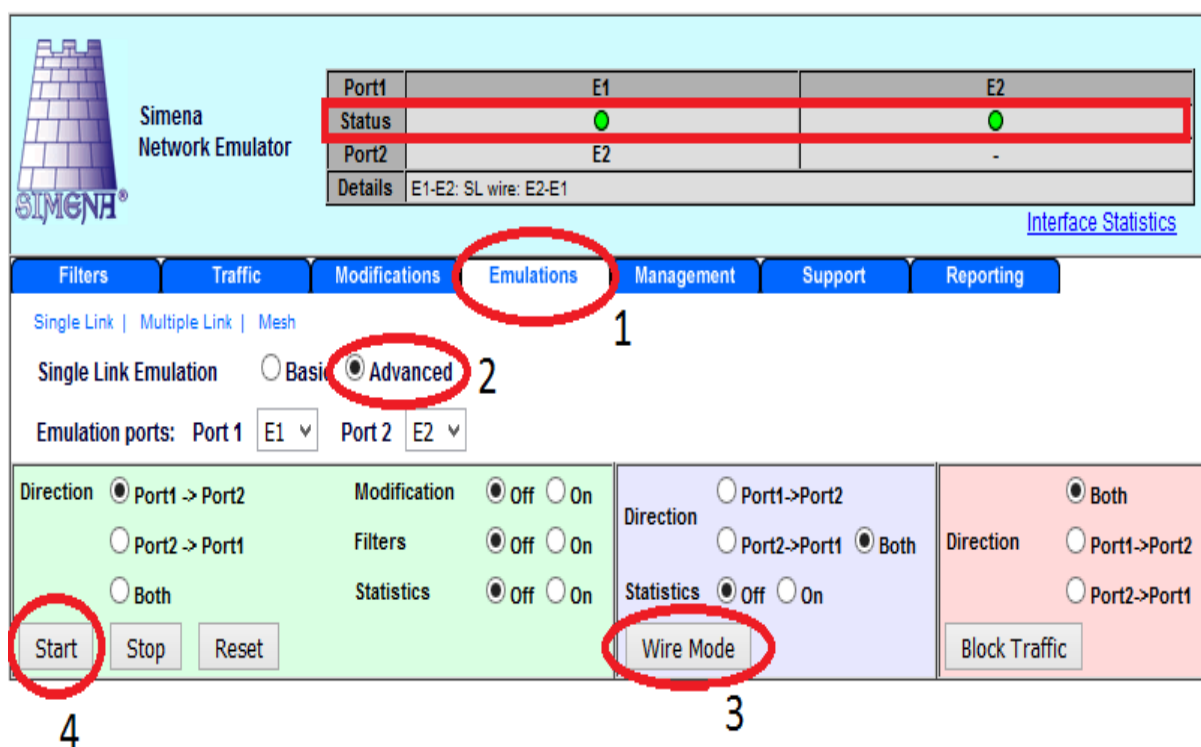
192.168.142.101

Po zadání této adresy vyskočí okno, kde je nutné zadat následující přihlašovací údaje:

Přihlašovací jméno: admin

Přihlašovací heslo: simena

Po přihlášení se do webového rozhraní je důležité nastavit připojení portů. Toto nastavení se dělá v kartě EMULATIONS, kde se zvolí možnost „Advanced“ a klikne se na možnost „Wire Mode“, čímž se vytvoří správné spojení a projeví se to na statusu rozhraní, které zezelená. Tím se ověří i správnost zapojení. Nakonec je důležité stisknout tlačítko „Start“ kterým se spustí tok dat, přes tento síťový emulátor.



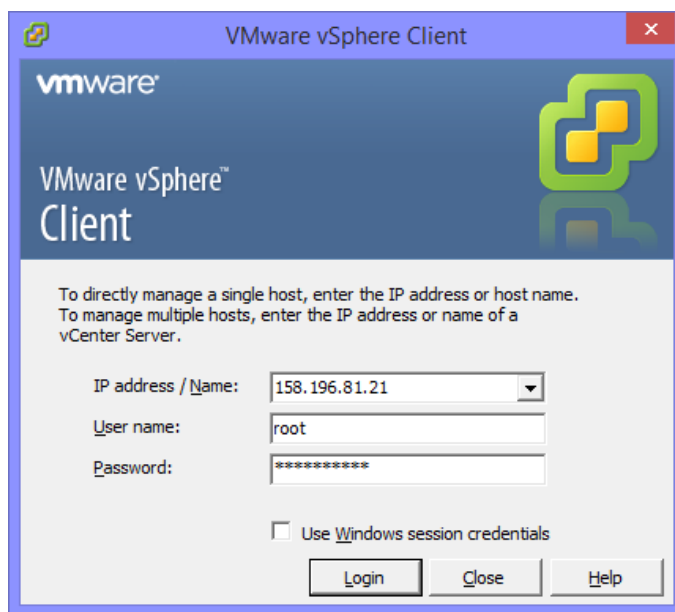
Obrázek 5.5: Nastavení rozhraní u SIMENA NETWORK EMULATOR

### 5.3 Konfigurace VoIP

Tato služba pro své fungování využívá pobočkovou ústřednu PBX Asterisk, která je realizována na serveru Abacus, kde je nahrán operační systém Ubuntu 13.10.

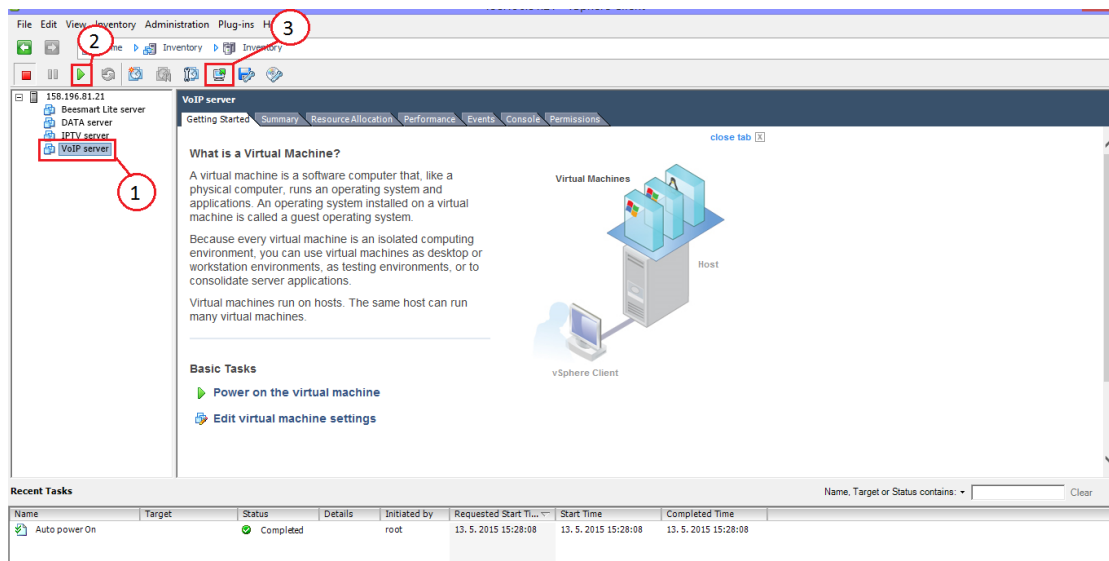
Asterisk je open-source software pobočková ústředna PBX. Asterisk běží na platformách Linux a Unix. Poskytuje všechny možné vlastnosti, které PBX umožňuje. Tento systém byl navrhnout tak, aby umožňoval rozhraní pro telefonii.

Pro konfiguraci této služby je nutné přistupovat na server Abacus. Na tento server se přistupuje pomocí MGMT portu s adresou 158.196.81.21, pomocí klienta VMware.



Obrázek 5.6: Přihlašovací obrazovka VMware Klienta

Po zadání přihlašovacích údajů se spustí hlavní obrazovka s nainstalovanými servery, které se nachází na tomto zařízení.



Obrázek 5.7: Hlavní okno serveru Abacus

Z obrázku 5.12 lze vidět, že na levé straně okna se nachází servery, které jsou na tomto zařízení nainstalovány. Jejich spuštění je zobrazeno čísly na obrázku 5.12 a návod ke spuštění je popsán v následujících bodech:

1. Kliknout na daný server.
2. Spustit server pomocí ikony „Play“.
3. Otevřít server ve virtuálním okně.

### 5.4 Server VoIP

Na tento server se přistupuje pomocí těchto přihlašovacích údajů:

Přihlašovací jméno: officer

Přihlašovací heslo: n311kat440

Po přihlášení do tohoto systému je nutné spustit příkazový řádek/terminál, kde celá konfigurace probíhá. Po spuštění terminálu je nutné přihlásit se do režimu root. Přihlášení probíhá následovně:

Příkaz pro přihlášení: `rootsudo -i`

Heslo pro přihlášení: n311kat440

Po spuštění root práv, je nutné zjistit přidělenou adresu od DHCP serveru. Tato IP adresa je důležitá, protože se jedná o adresu pobočkové ústředny, která bude následně zadávána do VoIP telefonů. Proto je nejlepší možností napevno nastavit IP adresu tohoto serveru:

`ifconfig eth0 192.168.142.10/24`

Nyní když je nastavena pevná IP adresa můžeme přejít k instalaci pobočkové ústředny Asterisk, pomocí balíčku. Do příkazového řádku se napíše příkaz:

`apt-get install asterisk`

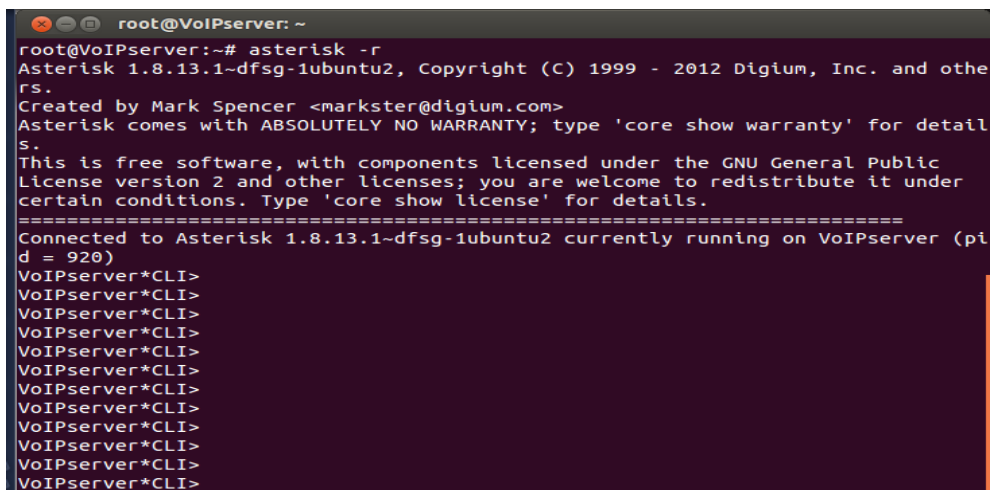
Následně jsme vybízeni k zadání mezinárodní předvolby, v našem případě je to předvolba 420. Po instalaci se asterisk spustí příkazem:

`asterisk -r`

nebo

`asterisk -rvvvvvv`

V druhém případě na nás asterisk, více mluví a vypisuje více údajů, ale funkčnost je stejná jako u prvního případu.



```

root@VoIPserver: ~
root@VoIPserver:~# asterisk -r
Asterisk 1.8.13.1-dfsg-1ubuntu2, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and othe
rs.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for detail
s.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
Connected to Asterisk 1.8.13.1-dfsg-1ubuntu2 currently running on VoIPserver (pi
d = 920)
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>

```

Obrázek 5.8: Výpis po spuštění Asterisku

Následná konfigurace probíhá pomocí dvou souborů, které jsou důležité pro editaci SIP účtů a dial plánu. Tyto soubory jsou umístěny v adresáři:

```
/etc/asterisk/sip.conf
```

```
/etc/asterisk/extension.conf
```

Soubor sip.conf slouží k registraci, autentizaci a konfiguraci účtů. Konfigurace probíhá pomocí protokolu SIP. Konfiguruje se zde, jaký kodek je použit pro hovor, jaký port atd.

Nejprve je nutné se do souboru dostat a následně jej editovat. V našem případě zvolíme editor nano.

```
nano /etc/asterisk/sip.conf
```

Po otevření tohoto souboru můžeme s konfigurací začít:

```

[general]
port=5060                ;UDP port
allow=alaw                ;povolení vybraných kodeků (G.711)
videosupport=yes         ;povolení videohovorů
allow=h264                ;povolení kodeku pro videohovory

[1111]                    ;SIP účet
callerid=1111             ;ID uživatele
type=friend                ;slouží pro obousměrné volání
context=remote            ;kontext pro příchozí hovory
host=dynamic              ;telefony nemají pevnou adresu
secret=1111               ;heslo pro přihlášení

```

```
username=1111          ;uživatelské jméno
```

Soubor `extension.conf` je základním souborem systému Asterisk. Slouží k definování číselného plánu daného systému. Díky tomuto konfiguračnímu souboru je přesně definováno, jak jsou ovládána jednotlivé hovory. Konfigurace tohoto souboru je následující:

Nejprve je nutné se do souboru dostat a následně jej editovat. V našem případě zvolíme editor, který je na našem OS nainstalovaný a to je editor nano.

```
nano /etc/asterisk/extension.conf
```

Po otevření tohoto souboru můžeme s konfigurací začít:

```
[general]
static=yes
writeprotect=no          ;zamezení přepisování Dial plánu
autofallthrought=yes

[macro-hovor]
exten =>s,1,Dial(${ARG1})
exten =>s,2,Conquestion
exten =>s,3,Hungup

[remote]
exten => _1111,1,Macro(hovor,SIP/1111)
exten => _3333,1,Macro(hovor,SIP/3333)
exten => _5555,1,Macro(hovor,SIP/5555)
```

## 5.5 Konfigurace SIP účtu na VoIP telefonech

Jako koncové zařízení jsou vybrány telefony Grandstream GXV3140, které podporují video hovory. Konfigurace těchto zařízení lze dělat dvěma způsoby:

- Konfigurace prostřednictvím tlačítek telefonu,
- konfigurace prostřednictvím webového rozhraní.

V našem případě je konfigurace prováděna pomocí webového rozhraní. Tato konfigurace se provádí pomocí počítače, který je připojen pomocí UTP kabelu a je ve stejné síti jako VoIP telefon. Proto je nutné zjistit jakou adresu telefon má. V našem případě je to síť s IP adresou 192.168.142.x.

Na počítači se tedy nastaví IP adresa, aby byl tento nástroj, který je použitý ke konfiguraci ve stejné podsíti a do libovolného internetového prohlížeče se zadá například tato adresa:

```
http://192.168.142.39
```

Po zadání IP adresy VoIP telefonu, se zobrazí webová stránka, ve které vyskočí okno s tím, aby byli zadány přihlašovací údaje. Pokud se na telefonu již nepracovalo a nebyla uživatelem změněna přihlašovací jméno a heslo, jsou tyto přihlašovací údaje výchozí a jejich tvar je následující:

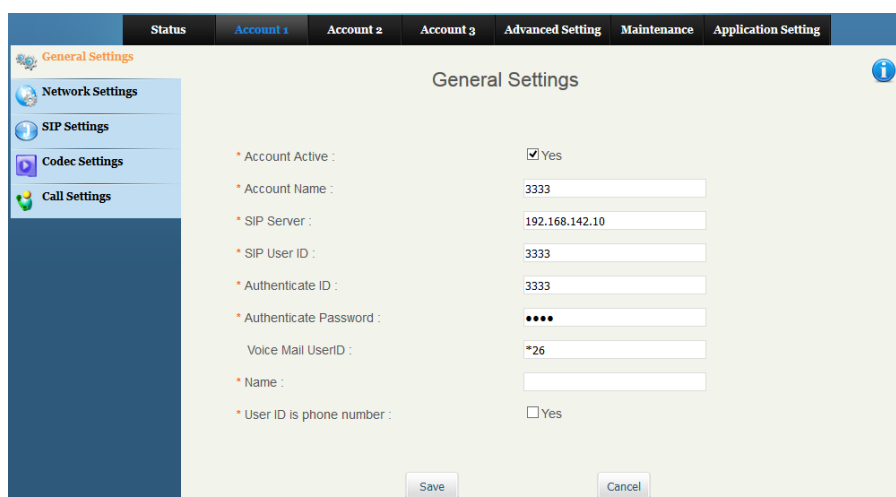
Username: admin

Password: admin



Obrázek 5.9: *Přihlášení do telefonu*

Po úspěšném přihlášení se na webové rozhraní telefonu GrandStream GXV3140, je nutné kliknout na kartu „**Account 1**“, která se nachází v černé vodorovné liště. Dále je nutné kliknout v levém sloupci na pole „**General Settings**“. V následujících bodech je popsána konfigurace.



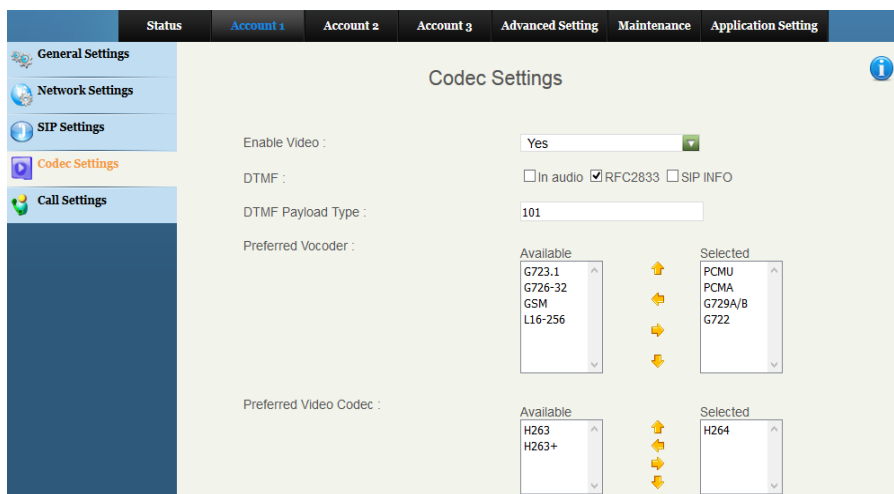
Obrázek 5.10: *Nastavení účtu*

1. Account Name: Vložit jméno, které bude zobrazeno na telefonu.
2. SIP Server: Vložit adresu serveru, na kterém je nainstalovaná ústředna.
3. SIP User ID: Vložit číslo pro daný telefon.



4. Authenticate ID: Vložit uživatelské jméno.
5. Authenticate Password: Vložit heslo.
6. Kliknout na „**Save**“ – čímž se uloží toto nastavení.

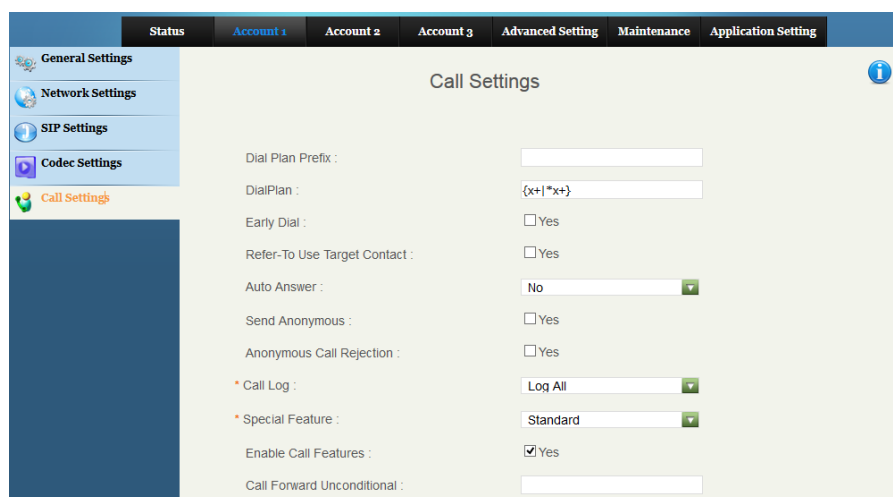
V dalším kroku je nutné kliknout na pole Codec Settings, kde je nutné povolit video a kodeky.



Obrázek 5.11: *Povolení videa*

1. Enable Video: Zvolit „**Yes**“.
2. Vybrat kodeky pro audio.
3. Vybrat kodek pro video: **H.264**.
4. Kliknout na „**Save**“.

Dále je nutné kliknout ve výberu polí na položku „Call Settings“, kde se potřebuje nastavit DialPlan.



Obrázek 5.12: *Call Settings*

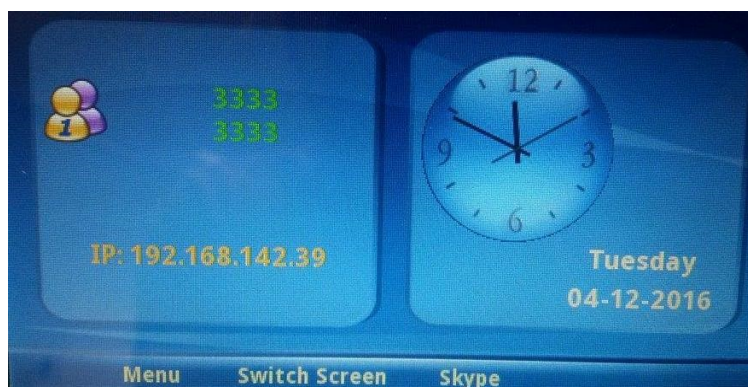
V tomto okně nastavení je nutné provést následující:

1. Kliknout na kartu v levém rohu „**Call Settings**“.
2. DialPlan: Přepsat DialPlan na **{x+ | \*x+}**.
3. Kliknout na tlačítko „**Save**“.

Tímto je celá konfigurace telefonu hotová. Proto, aby se změny v konfiguraci projevily, je nutné telefon restartovat. Po restartování je vše připraveno k telefonování. Tímto způsobem, se nakonfiguruji i další telefony, které jsou použity v tomto měření.

## 5.6 Registrace SIP účtů

Jakmile jsou telefony nakonfigurovány, mohou být zapojeny do stejné sítě, kde se nachází naše pobočková ústředna Asterisk. Tato registrace může trvat déle. Úspěšná registrace se projeví zezelenáním ID na obrazovce telefonu (viz obrázek 5.18) a samozřejmě ve výpisu CLI Asterisku. V tomto výpisu je přímo napsáno, že se daný telefon zaregistroval.



Obrázek 5.13: Obrazovka telefonu – registrovaný účastník

Na obrázku 5.13 je vidět zeleným, že SIP účet s číslem **3333**, je úspěšně zaregistrovaný (svítí zeleně) a adresa tohoto SIP účtu je IP: 192.168.142.39

```
root@VoIPserver: ~
root@VoIPserver:~# asterisk -rvvvvvvv
Asterisk 1.8.13.1-dfsg-1ubuntu2, Copyright (C) 1999 - 2012 Digium, Inc. and other
rs.
Created by Mark Spencer <markster@digium.com>
Asterisk comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; type 'core show warranty' for detail
s.
This is free software, with components licensed under the GNU General Public
License version 2 and other licenses; you are welcome to redistribute it under
certain conditions. Type 'core show license' for details.
=====
== Parsing '/etc/asterisk/asterisk.conf': == Found
== Parsing '/etc/asterisk/extconfig.conf': == Found
Connected to Asterisk 1.8.13.1-dfsg-1ubuntu2 currently running on VoIPserver (pi
d = 931)
Verbosity was 0 and is now 7
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
VoIPserver*CLI>
-- Registered SIP '5555' at 192.168.142.31:16728
> Saved useragent "Grandstream GXV3140 1.0.7.3" for peer 5555
-- Unregistered SIP '3333'
-- Registered SIP '3333' at 192.168.142.30:40054
> Saved useragent "Grandstream GXV3140 1.0.7.3" for peer 3333
VoIPserver*CLI>
```

Obrázek 5.14: Výpis při registraci SIP účtů v Asterisk

Na obrázku 5.14 je vidět výpis Asterisk CLI prostředí, ze kterého lze přečíst, že se v tuto chvíli zaregistrovali dva uživatelé **5555** a **3333**, kteří používají zařízení Grandstream GXV3140 s verzí firmware 1.0.7.3. Tento výpis se ukazuje vždy při registraci SIP účtů.

## 5.7 Práce s telefonem GrandStream GXV3140

Pro práci na tomto telefonu je nutné znát, co které tlačítko na telefonu znamená. Tento popis je zobrazen na obrázku níže.



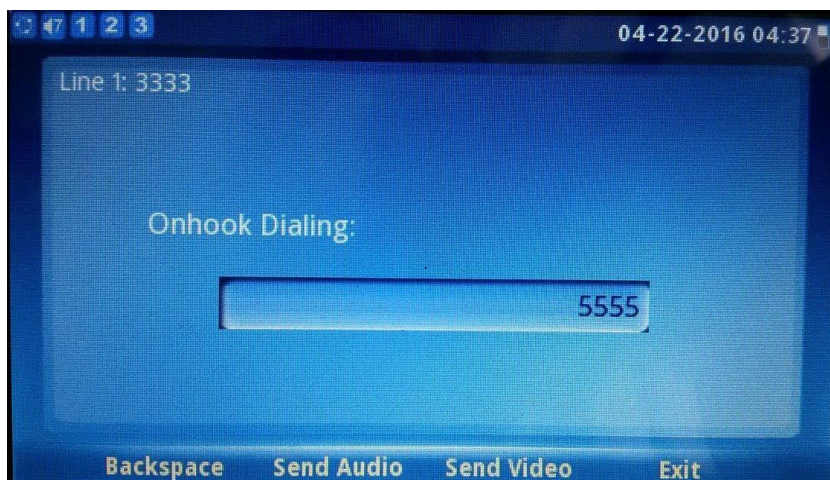
Obrázek 5.15: Popis tlačítek na telefonu

### 5.7.1 Vytvoření hovoru mezi 2 účastníky

Pro vytvoření hovoru mezi dvěma účastníky je nutné mít v síti zaregistrované dva účastníky, kteří jsou v našem případě účastníci pod SIP účty 3333 a 5555.

Návod na vytvoření standardního hovoru mezi dvěma účastníky:

1. Vzít sluchátko nebo použít reproduktor/headset.
2. Pomocí standardní klávesnice napsat telefonní číslo.
3. Zmáčknout tlačítko „Send Audio/Send Video“ které je na LCD displeji, nebo zmáčknout tlačítko ODESLAT.

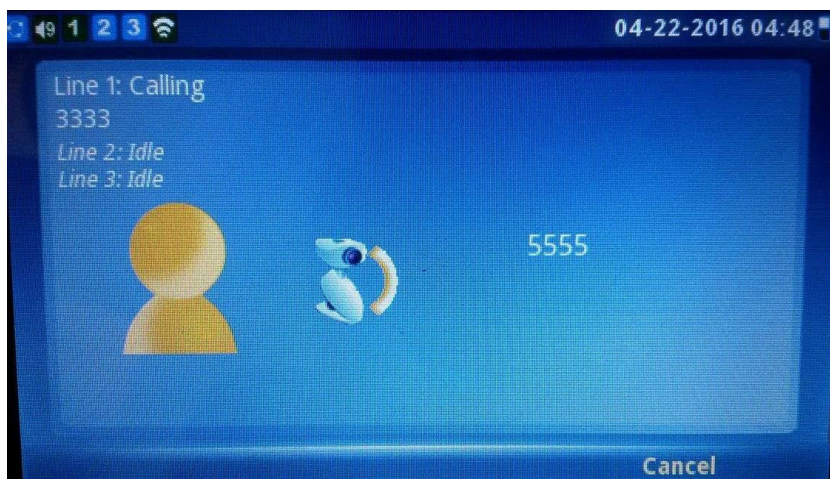


Obrázek 5.16: Vytvoření hovoru

Příchozí hovor se přijme/odmítne třemi následujícími způsoby:

1. Zvedne se sluchátka – přijmutí hovoru.
2. Stisknutí tlačítka „Accept/Accept Audio/Accept Video“ – přijmutí hovoru.
3. Stisknutí tlačítka „Reject“ – odmítnutí hovoru.





Obrázek 5.17: *Příchozí hovor*

### 5.7.2 Vytvoření hovoru mezi 3 účastníky

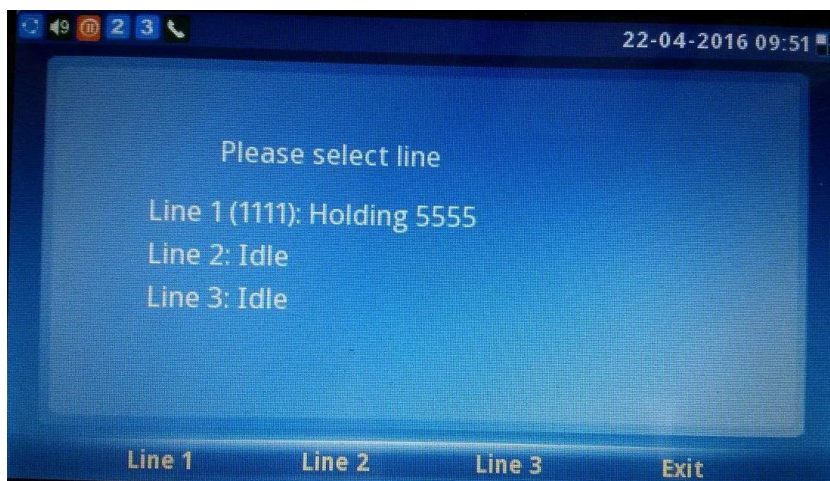
Pro vytvoření hovoru mezi třemi účastníky je nutné mít v síti zaregistrované tři účastníky, kteří jsou v našem případě účastníci pod SIP účty **1111**, **3333** a **5555**.

Návod pro vytvoření této konference z pohledu SIP účtu 1111 je následující:

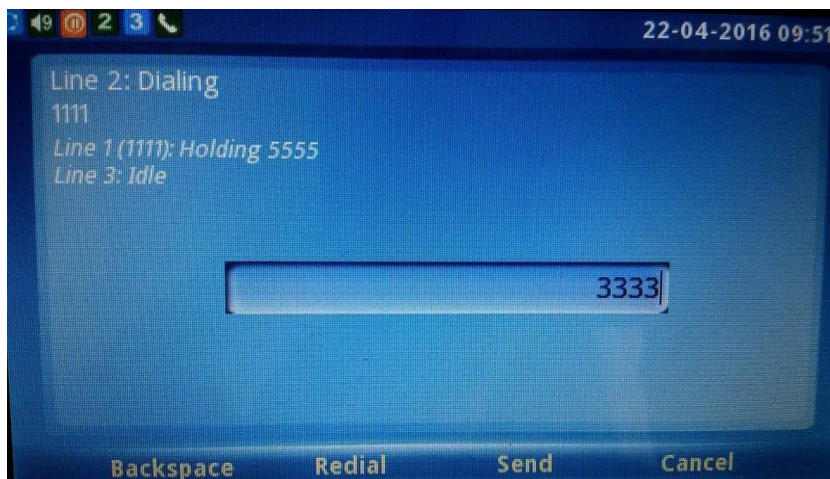
1. Vzít sluchátko nebo použít reproduktor/headset.
2. Pomocí standardní klávesnice napsat telefonní číslo (**5555**).
3. Zmáčkнуть tlačítko „Send Audio/Send Video“ které je na LCD displeji, nebo zmáčkнуть tlačítko ODESLAT.

Jakmile účastník **5555** úspěšně přijme hovor, tak postup je následující:

1. Účastník **1111** zmáčkne pomocí tlačítka rychlé volby **F1** možnost „**MUTE**“.
2. Účastník **1111** zmáčkne tlačítko „**LINKA**“.
3. Po zobrazení menu „**LINE**“, se musí proklikat tlačítkem „**LINKA**“ až do fáze, kdy je zobrazeno jeho číslo **1111**.
4. Po zobrazení jeho čísla se napíše telefonní číslo účastníka třetího (3333) a zmáčkne se tlačítko „**SEND**“.



Obrázek 5.18: *Menu linka*

Obrázek 5.19: *Hovor na 3 účastníka*

Jakmile účastník **3333** úspěšně přijme hovor, tak postup je následující:

1. Účastník **1111** zmáčkne tlačítko „KONFERENCE“.
2. Po zobrazení menu konference se zmáčkne pomocí tlačítka rychlé volby „LINE 1“.

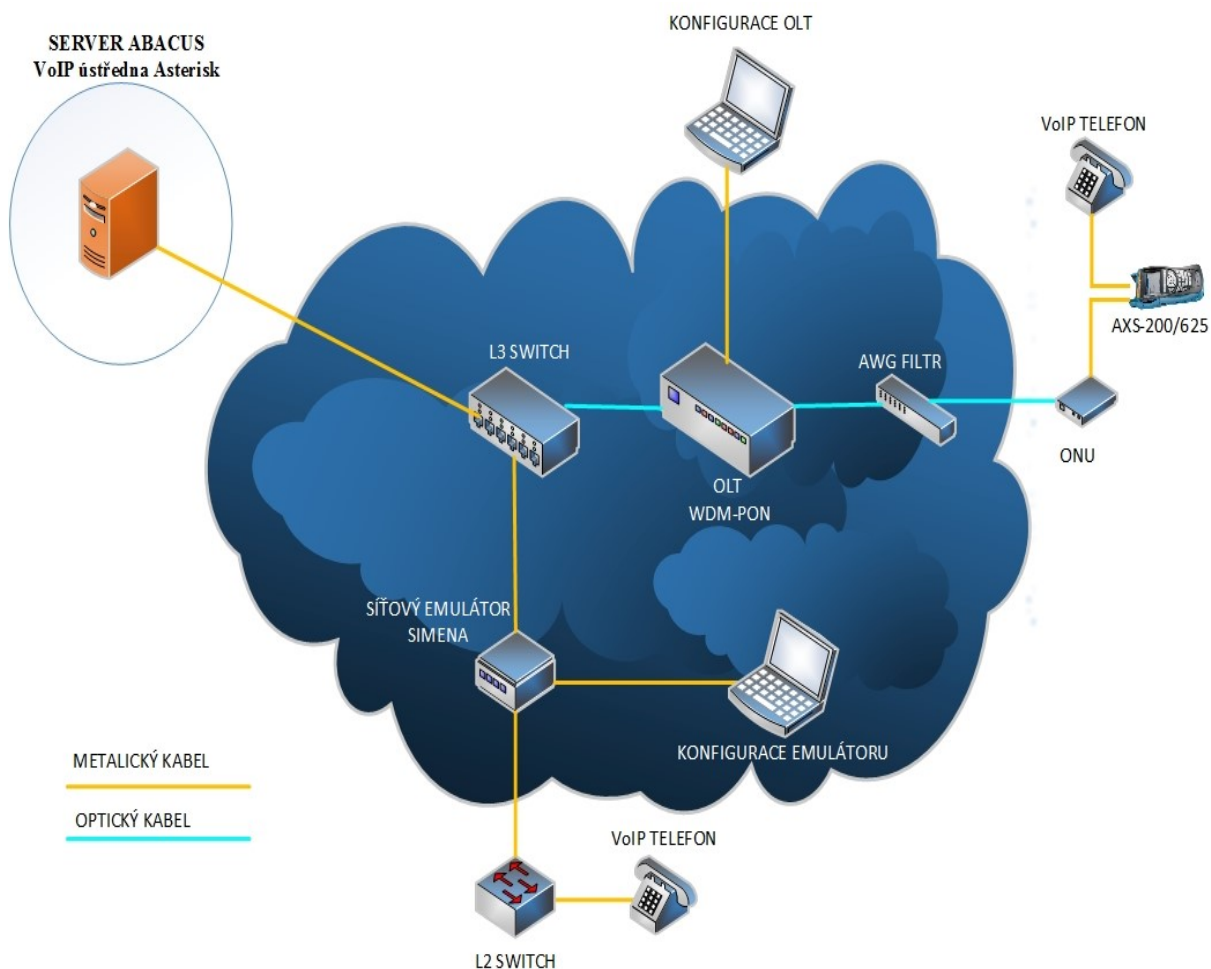
Obrázek 5.20: *Menu konference*

## 5.8 Použité topologie nasazení videokonference pro praktické měření

Na obrázcích 5.21, 5.22 a 5.23, jsou zobrazeny topologie, které jsou použity pro praktické měření. V těchto topologiích se provádí hovor s videokonferencí. Tento hovor probíhá pomocí kodeku G.711a a video kodeku H.264. Během těchto videokonferencí, jsou na síťovém emulátoru SIMENA měněny parametry sítě. Tyto parametry jsou měřeny po 2 minutách, kdy je prováděn hovor, mezi dvěma/třemi účastníky a jejich změna na síťovém emulátoru se projevuje na obrazu i zvuku. Výstupy těchto parametrů jsou zobrazeny v obrázcích a grafech, které jsou pořízeny během měření. Grafy jsou pořízeny pomocí měřicího přístroje AXS 200/625 a měří se pomocí něho parametr Jitter. Tyto obrazové výstupy jsou následně hodnoceny pomocí subjektivní metody, která je detailně popsána v kapitole 1.2.3.

### 5.8.1 Topologie pro hovor mezi 2 účastníky

Hovor v této topologii probíhal prostřednictvím optické přístupové sítě WDM-PON a 2 VoIP telefonů GrandStream GXV3140. Důležitou roli v této topologii hraje síťový emulátor SIMENA, na kterém se mění parametry sítě prostřednictvím připojeného notebooku prostřednictvím portu MGMT. Hovor byl uskutečněn z levé strany topologie pomocí kodeků pro video a audio H.264 a G.711a. Na pravé straně topologie probíhalo měření parametru Jitter prostřednictvím měřicího přístroje AXS – 200/625.

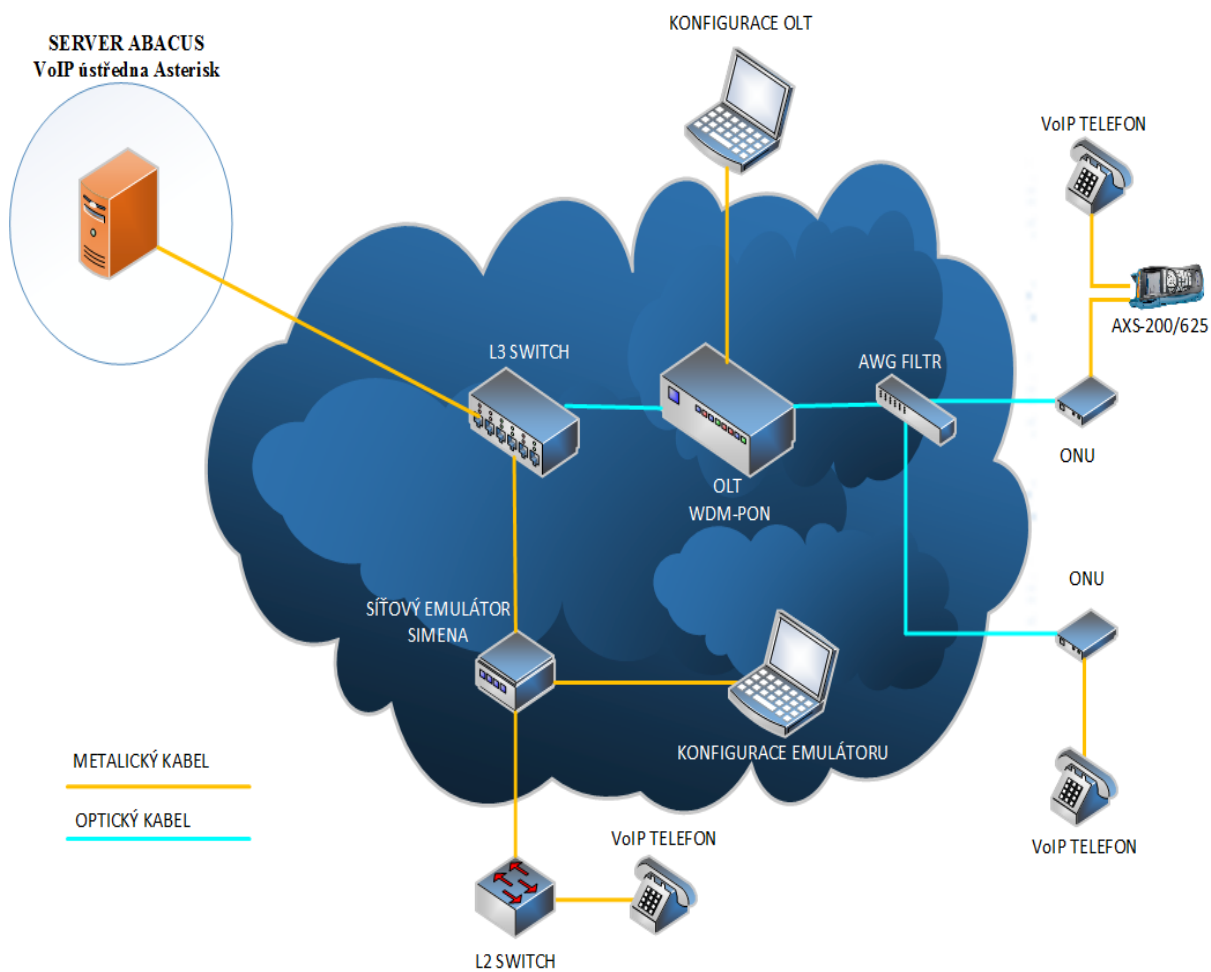


Obrázek 5.21: Topologie pro hovor mezi 2 účastníky



### 5.8.2 Topologie pro hovor mezi 3 účastníky

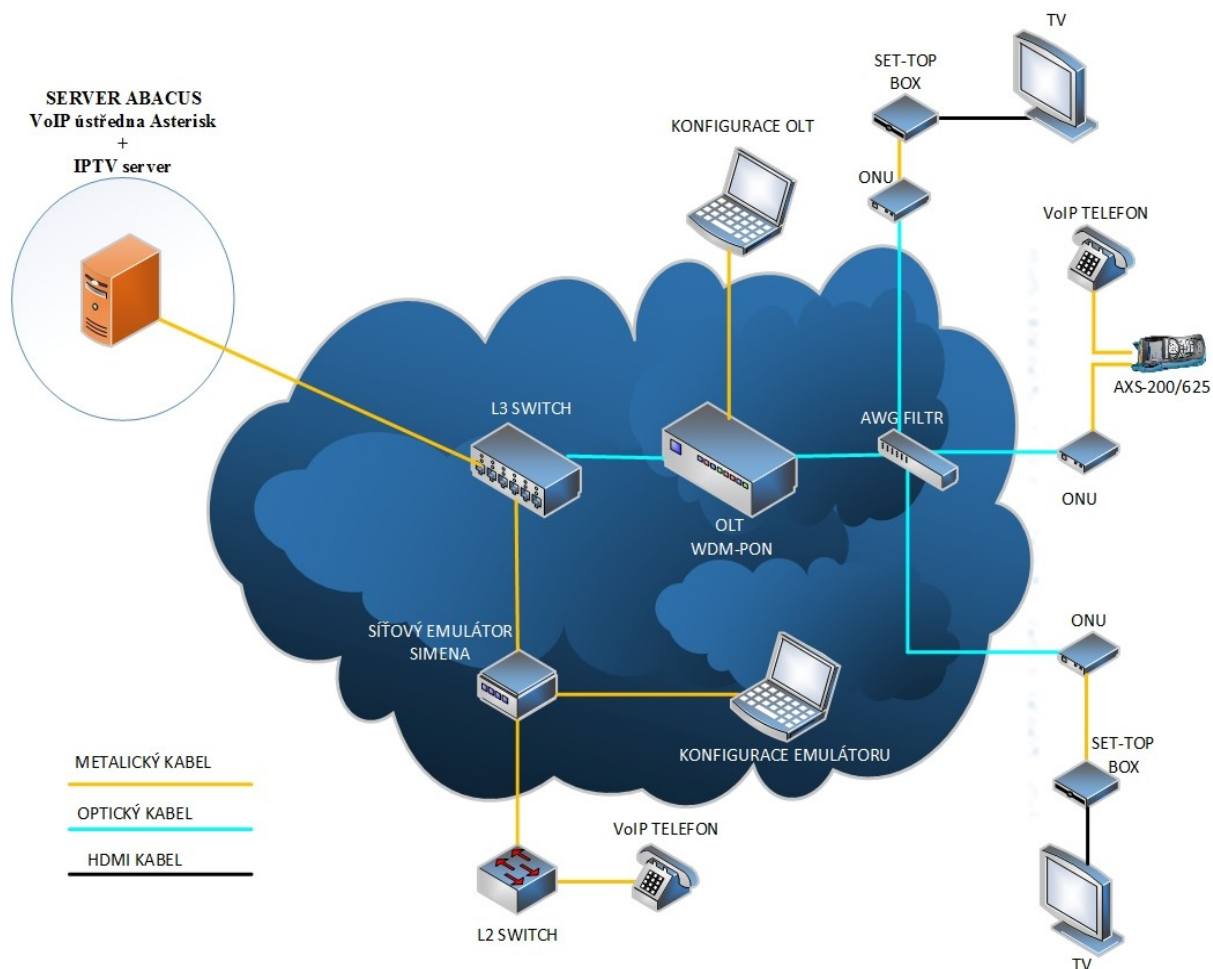
Hovor v této topologii probíhal prostřednictvím optické přístupové sítě WDM-PON a 3 VoIP telefonů GrandStream GXV3140. Důležitou roli v této topologii hraje síťový emulátor SIMENA, na kterém se mění parametry sítě prostřednictvím připojeného notebooku prostřednictvím portu MGMT. Hovor byl uskutečněn z levé strany topologie pomocí kodeků pro video a audio H.264 a G.711a. Na pravé straně topologie probíhalo měření parametru Jitter prostřednictvím měřicího přístroje AXS – 200/625.



Obrázek 5.22: Topologie pro hovor mezi 3 účastníky

### 5.8.3 Topologie pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV

Hovor v této topologii probíhal prostřednictvím optické přístupové sítě WDM-PON a 2 VoIP telefonů GrandStream GXV3140. V topologii se nachází ještě dvě IPTV, které jsou zde umístěny z důvodu zatížení sítě. Důležitou roli v této topologii hraje síťový emulátor SIMENA, na kterém se mění parametry sítě prostřednictvím připojeného notebooku prostřednictvím portu MGMT. Hovor byl uskutečněn z levé strany topologie pomocí kodeků pro video a audio H.264 a G.711a. Na pravé straně topologie probíhalo měření parametru Jitter prostřednictvím měřicího přístroje AXS – 200/625.



Obrázek 5.23: Topologie pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV



## 6 Hodnocení kvality z hlediska subjektivní metody

Hodnocení kvality přenosu videokonference je z hlediska subjektivní metody. Pro hodnocení kvality přenosu, byla vybrána skupina pozorovatelů, kteří nezávisle na sobě hodnotili změny parametrů sítě.

Parametry se měnily na síťovém emulátoru Simena, který je umístěn v síti. Parametry které se na tomto emulátoru měnily jsou následující:

- Propustnost (Bandwidth)
- Ztrátovost (Packet Loss)
- Chybovost (BER – Bit Error Rate)

Parametry se měnili po šesti krocích, kdy každý krok trval 2 minuty. Během tohoto času byly pořizovány snímky z obrazovky telefonu. Kroky byly vytvořeny v těchto okamžicích:

1. Originální obraz.
2. Hranice, kdy se změna parametrů začala projevovat.
3. Postupné degradování – stejné jako u kroků 4 a 5.
4. ...
5. ...
6. Snímek, kdy se přenos rozpadal.

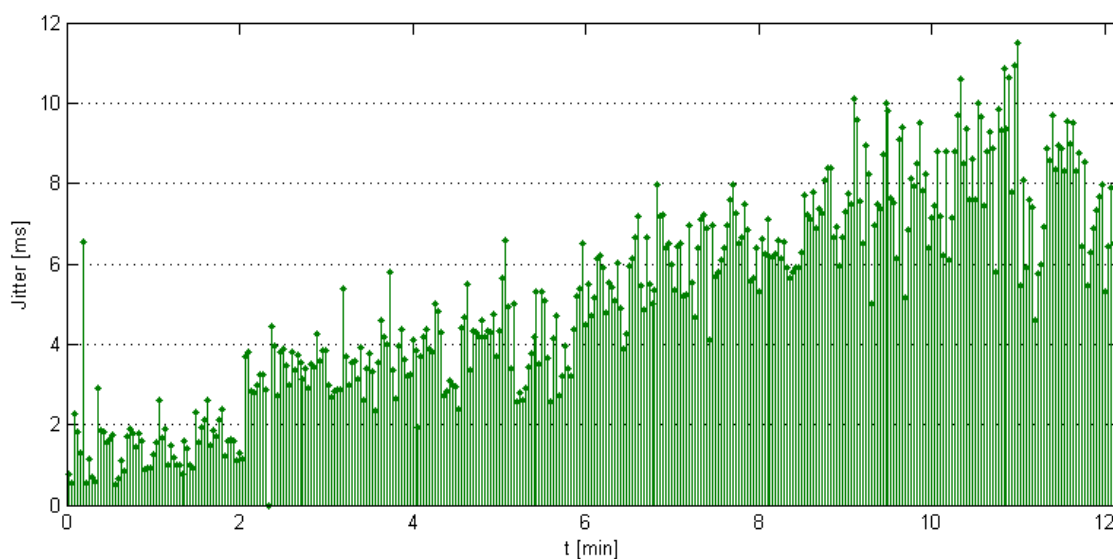
### 6.1 Propustnost pro hovor 2 účastníků

Na síťovém emulátoru Simena, byla propustnost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 100 Mbps
- B. 15 Mbps
- C. 13 Mbps
- D. 11 Mbps
- E. 9 Mbps
- F. 8 Mbps

Kde propustnost o velikosti 100 Mbps byla originální propustnost. Při nastavení propustnosti 15 Mbps byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovала změna parametrů sítě. U propustností 13 – 9 Mbps dochází k postupné degradaci a při propustnosti 8 Mbps se hovor nedal provádět.

U síťového parametru propustnosti, se změna vlastností sítě projevuje na obrovském zpoždění. Z tohoto důvodu bylo zbytečné pořizovat snímky, protože obraz byl v pořádku ale byl zpožděný. Proto je přiložen pouze graf, ve kterém se měřilo kolísavé zpoždění Jitter. Ten se u tohoto parametru projevoval nejvíce.



Obrázek 6.1: Graf měření Jitteru pro parametr propustnost (hovor mezi 2 účastníky)

## 6.2 Ztrátovost pro hovor 2 účastníků

Na síťovém emulátoru Simena, byla ztrátovost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 0 %
- B. 10 %
- C. 15 %
- D. 20 %
- E. 25 %
- F. 30 %

Kde ztrátovost o velikosti 0 % byla nulová ztrátovost. Při nastavení ztrátovosti 10 % byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovovala změna parametrů sítě. U ztrátovosti 15 – 25 % jsou pořizovány snímky, kdy dochází k postupné degradaci a při ztrátovosti 30 % se obraz i zvuk rozpadl.



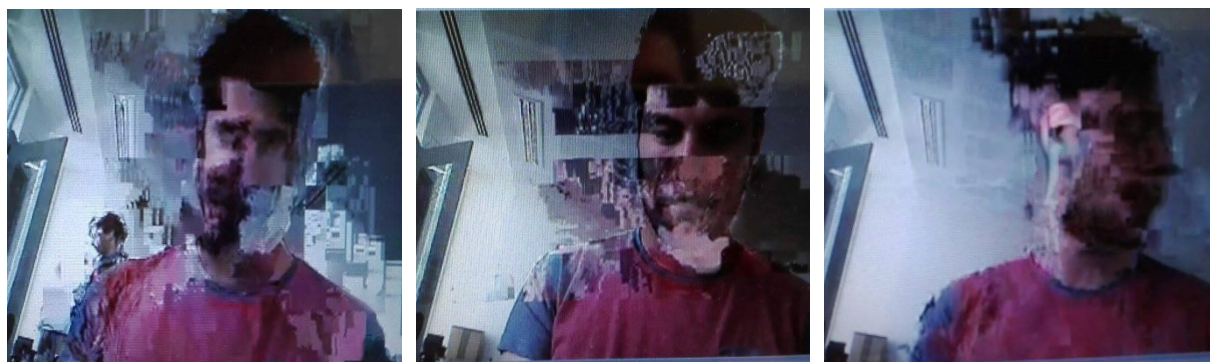
A)



B)



C)

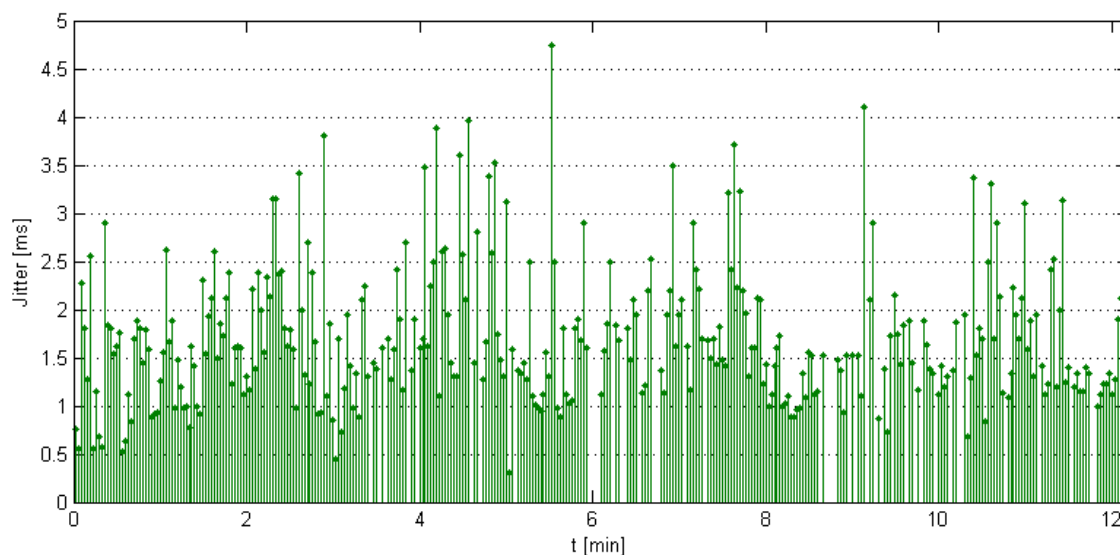


D)

E)

F)

Obrázek 6.2: Ztrátovost pro hovor mezi 2 účastníky



Obrázek 6.3: Graf měření Jitteru pro parametr ztrátovost (hovor mezi 2 účastníky)

### 6.3 Chybovost pro hovor 2 účastníků

Na síťovém emulátoru Simena, byla chybovost BER měněna ve 4 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

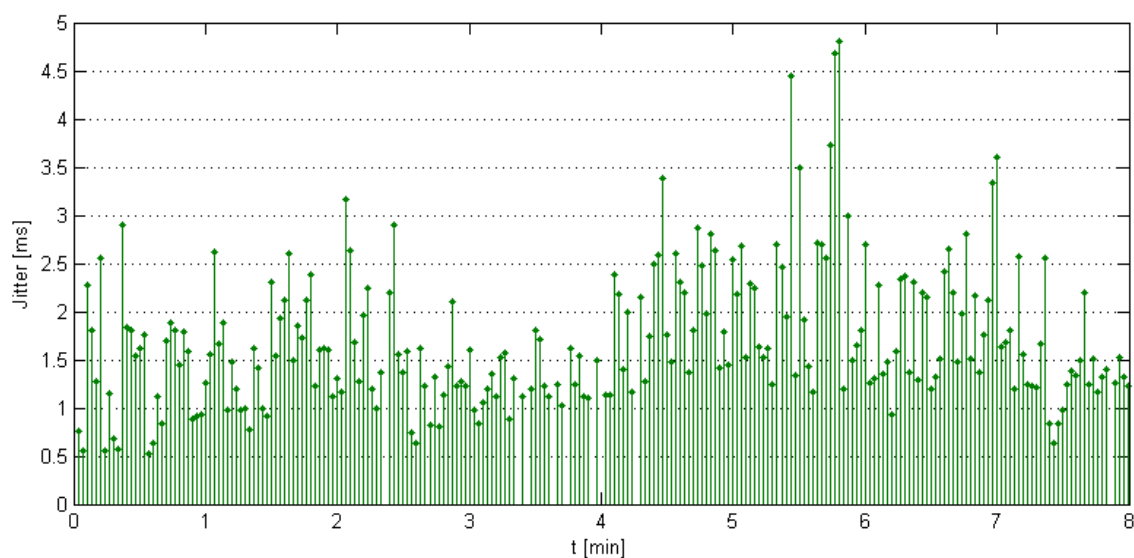
- A.  $10^{-13}$
- B.  $10^{-6}$
- C.  $10^{-5}$
- D.  $10^{-4}$

Kde chybovost BER o velikosti  $10^{-13}$  byla originální chybovost BER. Při nastavení chybovosti BER  $10^{-6}$  byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovala změna

parametrů sítě. U chybovosti  $10^{-5}$  je pořízen snímek, kdy dochází k postupné degradaci a při chybovosti  $10^{-4}$  se obraz i zvuk rozpadl.



Obrázek 6.4: Chybovost BER pro hovor mezi 2 účastníky



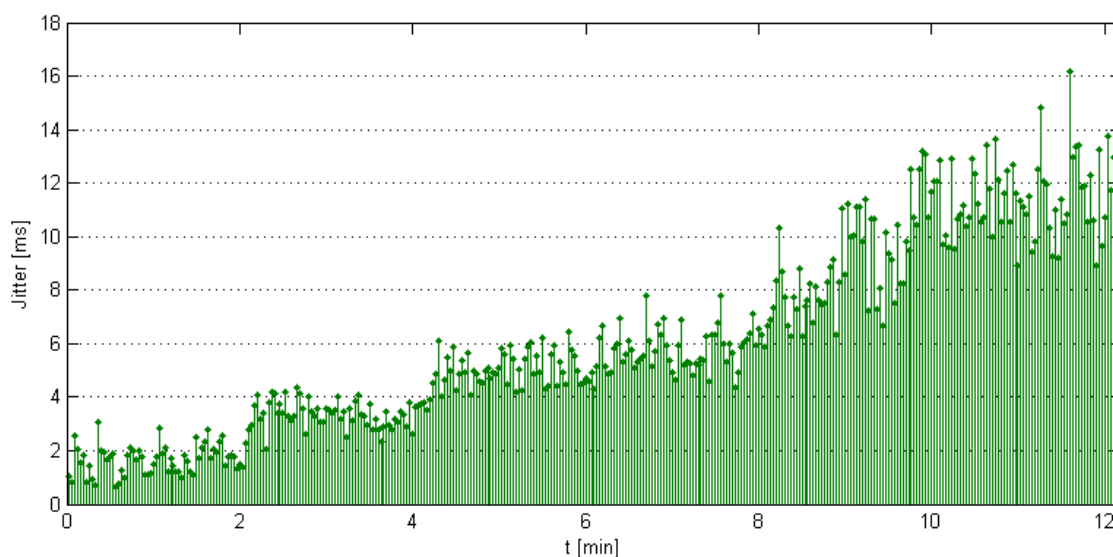
Obrázek 6.5: Graf měření Jitteru pro parametr chybovost BER (hovor mezi 2 účastníky)

## 6.4 Propustnost pro hovor 3 účastníků

Na síťovém emulátoru Simena, byla propustnost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 100 Mbps
- B. 20 Mbps
- C. 17 Mbps
- D. 15 Mbps
- E. 13 Mbps
- F. 11 Mbps

Kde propustnost o velikosti 100 Mbps byla originální propustnost. Při nastavení propustnosti 20 Mbps byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovovala změna parametrů sítě. U propustností 17 – 13 Mbps jsou pořizovány snímky, kdy dochází k postupné degradaci a při propustnosti 11 Mbps se obraz i zvuk rozpadl.



Obrázek 6.6: Graf měření Jitteru pro parametr propustnost (hovor mezi 3 účastníky)

U síťového parametru propustnosti, se změna vlastností sítě projevuje na obrovském zpoždění. Z tohoto důvodu bylo zbytečné pořizovat snímky, protože obraz byl v pořádku, ale byl zpožděný. Proto je přiložen pouze graf, ve kterém se měřilo kolísavé zpoždění Jitter. Ten se u tohoto parametru projevoval nejvíce.



## 6.5 Ztrátovost pro hovor 3 účastníků

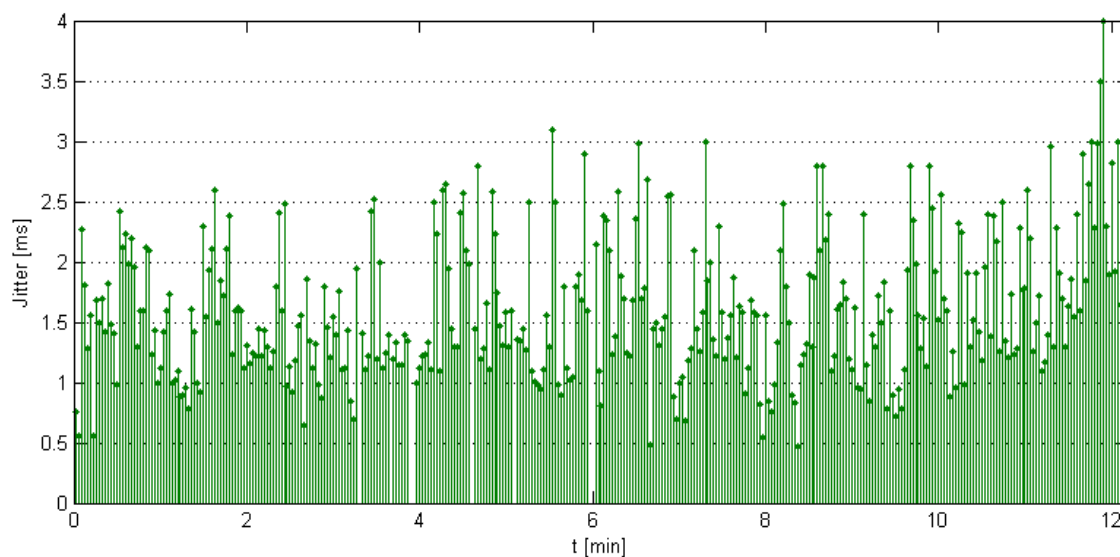
Na síťovém emulátoru Simena, byla ztrátovost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 0 %
- B. 5 %
- C. 10 %
- D. 15 %
- E. 20 %
- F. 25 %

Kde ztrátovost o velikosti 0 % byla nulová ztrátovost. Při nastavení ztrátovosti 5 % byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovала změna parametrů sítě. U ztrátovosti 10 – 20 % jsou pořizovány snímky, kdy dochází k postupné degradaci a při ztrátovosti 25 % se obraz i zvuk rozpadl.



Obrázek 6.7: Ztrátovost pro hovor mezi 3 účastníky



Obrázek 6.8: Graf pro měření Jitteru pro parametr ztrátovost (hovor mezi 3 účastníky)

## 6.6 Chybovost pro hovor 3 účastníků

Na síťovém emulátoru Simena, byla měněna chybovost BER ve 4 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A.  $10^{-13}$
- B.  $10^{-6}$
- C.  $10^{-5}$
- D.  $10^{-4}$

Kde chybovost BER o velikosti  $10^{-13}$  byla originální chybovost BER. Při nastavení chybovosti BER  $10^{-6}$  byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovovala změna parametrů sítě. U chybovosti  $10^{-5}$  je pořízen snímek, kdy dochází k postupné degradaci a při chybovosti  $10^{-4}$  se obraz i zvuk rozpadl.



A)

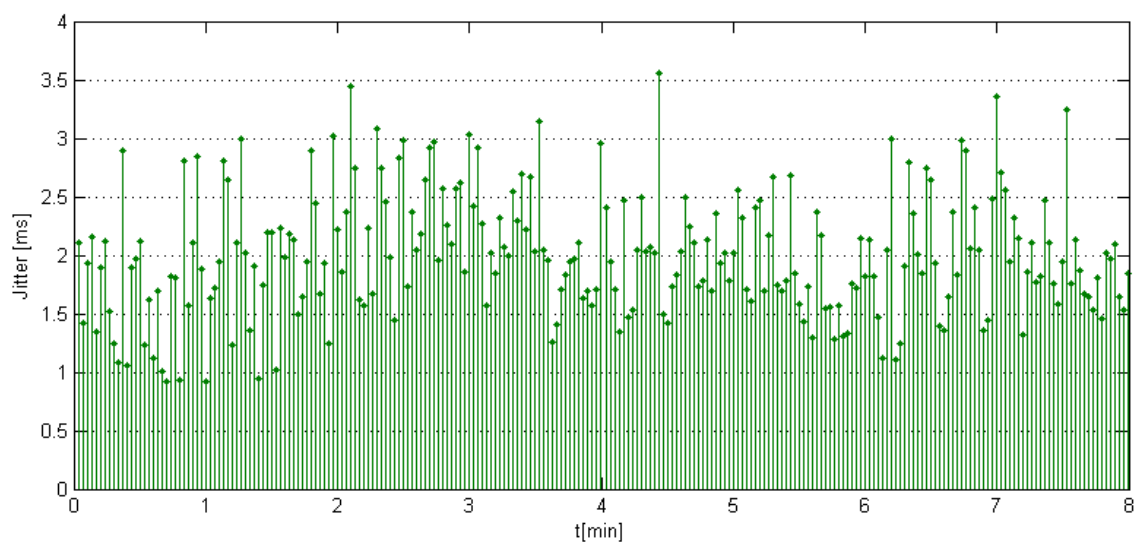
B)

C)



D)

Obrázek 6.9: Chybovost BER pro hovor mezi 3 účastníky



Obrázek 6.10: Graf pro měření Jitteru pro parametr chybovost BER (hovor mezi 3 účastníky)

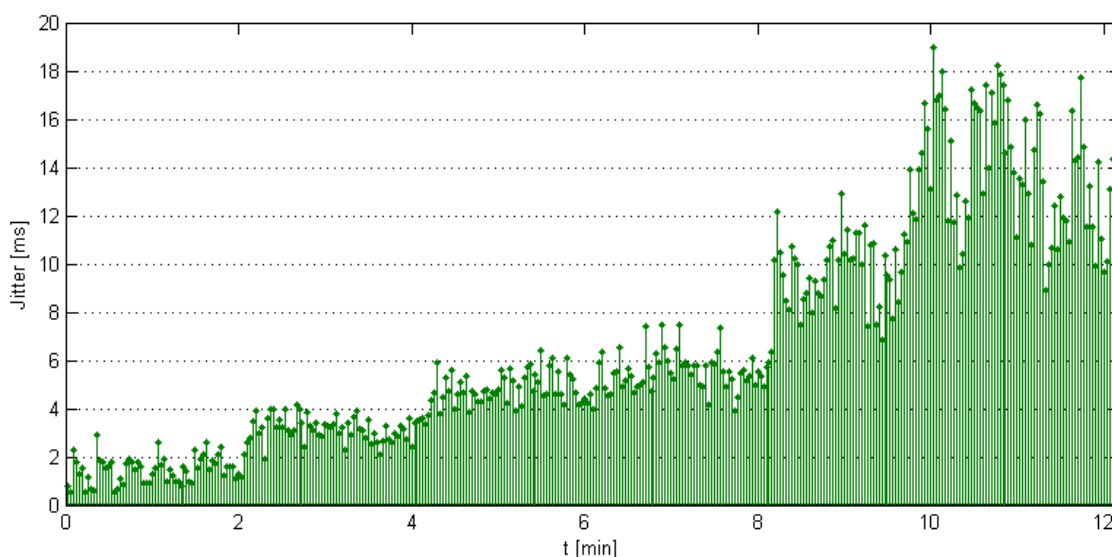


## 6.7 Propustnost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV

Na síťovém emulátoru Simena, byla propustnost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 100 Mbps
- B. 17 Mbps
- C. 15Mbps
- D. 13 Mbps
- E. 11 Mbps
- F. 9 Mbps

Kde propustnost o velikosti 100 Mbps byla originální propustnost. Při nastavení propustnosti 17 Mbps byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovovala změna parametrů sítě. U propustností 15 – 11 Mbps jsou pořizovány snímky, kdy dochází k postupné degradaci a při propustnosti 9 Mbps se obraz i zvuk rozpadl.



Obrázek 6.11: Graf pro měření Jitteru pro parametr propustnost (hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2TV)

U síťového parametru propustnosti, se změna vlastností sítě projevuje na obrovském zpoždění. Z tohoto důvodu bylo zbytečné pořizovat snímky, protože obraz byl v pořádku, ale byl zpožděný. Proto je přiložen pouze graf, ve kterém se měřilo kolísavé zpoždění Jitter. Ten se u tohoto parametru projevoval nejvíce.

## 6.8 Ztrátovost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV

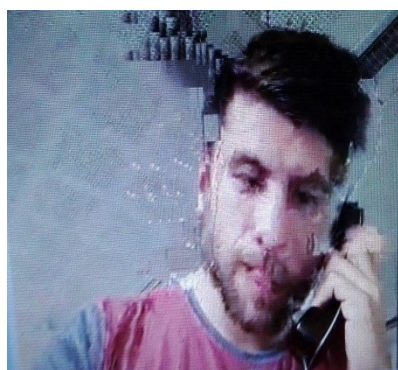
Na síťovém emulátoru Simena, byla ztrátovost měněna v 6 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A. 0 %
- B. 10 %
- C. 15 %
- D. 20 %
- E. 25 %
- F. 28 %

Kde ztrátovost o velikosti 0 % byla nulová ztrátovost. Při nastavení ztrátovosti 10 % byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovала změna parametrů sítě. U ztrátovosti 15 – 25 % jsou pořizovány snímky, kdy dochází k postupné degradaci a při ztrátovosti 28 % se obraz i zvuk rozpadl.



A)



B)



C)



D)

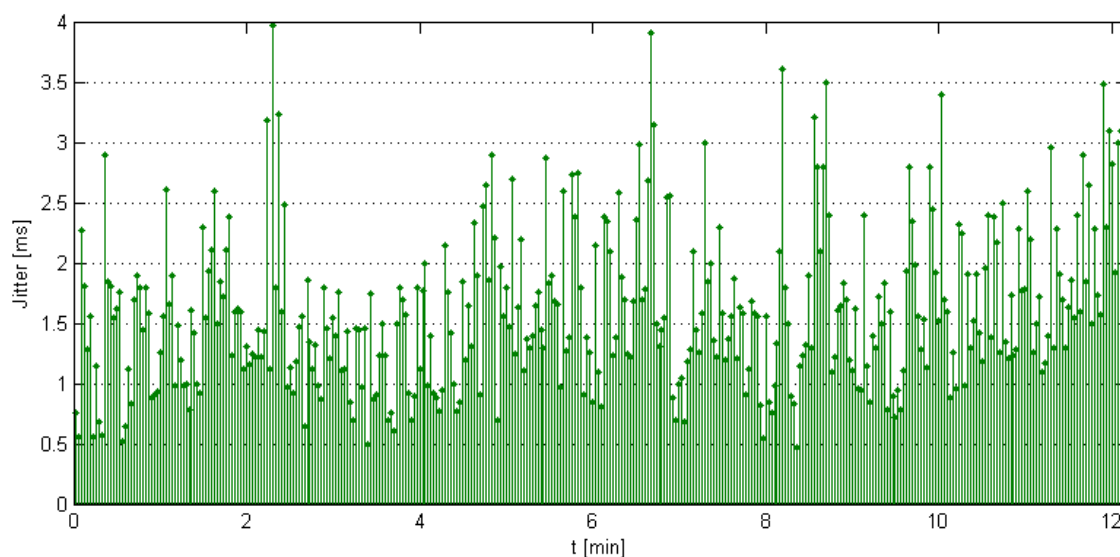


E)



F)

Obrázek 6.12: Ztrátovost pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV



Obrázek 6.13: Graf pro měření Jitteru pro parametr ztrátovost (hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2TV)

## 6.9 Chybovost pro hovor 2 účastníků, při zatížení 2 TV

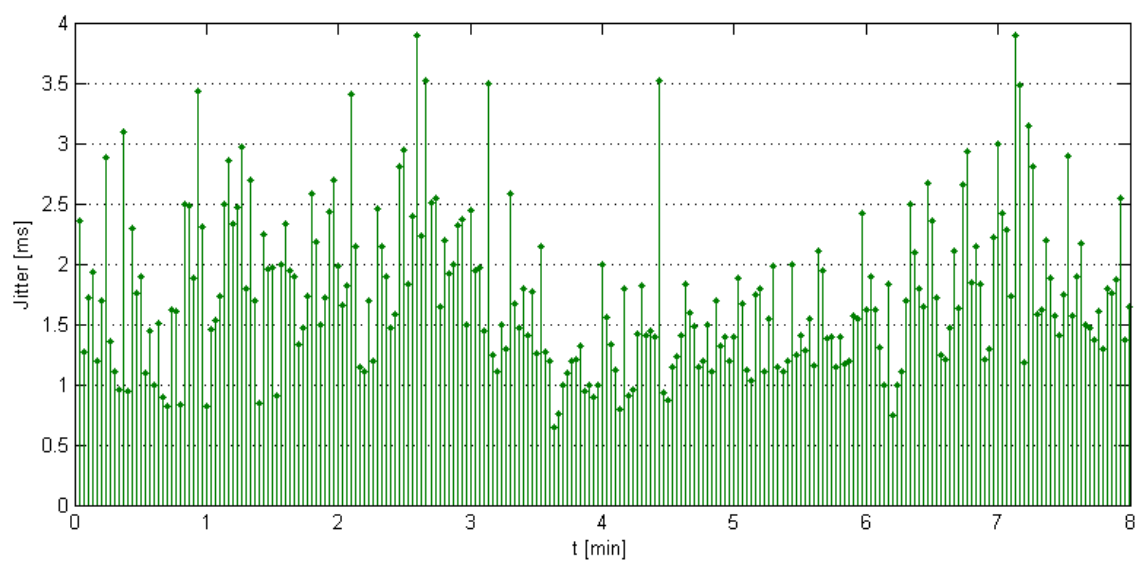
Na síťovém emulátoru Simena, byla chybovost BER měněna ve 4 krocích, které jsou vybrány pro hodnocení kvality.

- A.  $10^{-13}$
- B.  $10^{-6}$
- C.  $10^{-5}$
- D.  $10^{-4}$

Kde chybovost BER o velikosti  $10^{-13}$  byla originální chybovost BER. Při nastavení chybovosti BER  $10^{-6}$  byla objevena hranice, kdy se přenos dal ještě provádět, ale už se projevovovala změna parametrů sítě. U chybovosti  $10^{-5}$  je pořízen snímek, kdy dochází k postupné degradaci a při chybovosti  $10^{-4}$  se obraz i zvuk rozpadl.



Obrázek 6.14: *Chybovost BER pro hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV*



Obrázek 6.15: *Graf pro měření Jitteru pro parametr chybovost BER (hovor mezi 2 účastníky se zatížením 2 TV)*

## 6.10 Zhodnocení tabulkou

V tabulkách níže je provedeno hodnocení kvality pomocí subjektivní metody. Hovor, který je hodnocen pomocí tabulek, probíhal pomocí těchto kodeků:

- Hlas – G.711a
- Video – H.264

### 6.10.1 Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 2 účastníky

Tabulka 6.1: *Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony)*

Kroky	Propustnost [Mbps]	Hodnocení
1	100	5
2	15	4
3	13	3
4	11	2
5	9	2
6	8	1

Tabulka 6.2: *Hodnocení kvality pro ztrátovost (2 telefony)*

Kroky	Ztrátovost [%]	Hodnocení
1	0	5
2	10	4
3	15	4
4	20	3
5	25	2
6	30	1

Tabulka 6.3: *Hodnocení kvality pro chybovost (2 telefony)*

Kroky	Chybovost [-]	Hodnocení
1	$10^{-13}$	5
2	$10^{-6}$	4
3	$10^{-5}$	3
4	$10^{-4}$	1

### 6.10.2 Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 3 účastníky

Tabulka 6.4: *Hodnocení kvality pro propustnost (3 telefony)*

Kroky	Propustnost [Mbps]	Hodnocení
1	100	5
2	20	4
3	17	3
4	15	3
5	13	2
6	11	1

Tabulka 6.5: *Hodnocení kvality pro ztrátovost (3 telefony)*

Kroky	Ztrátovost [%]	Hodnocení
1	0	5
2	5	4
3	10	3
4	15	2
5	20	2
6	25	1

Tabulka 6.6: *Hodnocení kvality pro ztrátovost (3 telefony)*

Kroky	Chybovost [-]	Hodnocení
1	$10^{-13}$	5
2	$10^{-6}$	3
3	$10^{-5}$	2
4	$10^{-4}$	1

### 6.10.3 Vyhodnocení kvality pro hovor mezi 2 účastníky se zátěží 2 TV

Tabulka 6.7: *Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony + zátěž)*

Kroky	Propustnost [Mbps]	Hodnocení
1	100	5
2	17	4
3	15	4
4	13	3
5	11	2
6	9	1

Tabulka 6.8: *Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony + zátěž)*

Kroky	Ztrátovost [%]	Hodnocení
1	0	5
2	10	4
3	15	3
4	20	3
5	25	2
6	28	1

Tabulka 6.9: *Hodnocení kvality pro propustnost (2 telefony + zátěž)*

Kroky	Chybovost [-]	Hodnocení
1	$10^{-13}$	5
2	$10^{-6}$	4
3	$10^{-5}$	2
4	$10^{-4}$	1



## Závěr

Diplomová práce se zabývá zprovoznění komunikačního řetězce umožňující přenos zvuku i obrazu pomocí IP videotelefonu. Celé nasazení je realizováno na pasivní optické síti WDM-PON. Komunikační řetězec přenosu hlasu a videa jsem testoval pomocí síťového emulátoru Simena. V průběhu celého měření jsem k vyhodnocení a práci používal přístroje od firmy EXFO. A to především měřicí přístroj AXS-200/625, kterým jsem měřil parametr kolísavé zpoždění (jitter), tak mikroskop, kterým jsem hlídal začištění konektorů optické sítě.

V první části diplomové práce jsem se snažil popsat problematiku Triple Play, kde jsem detailně popisoval všechny tři služby (datová služba, hlasová služba VoIP, video služba IPTV). V dalších částech je popisována optická přístupová síť a optické sítě nové generace. Poslední teoretickou část tvoří problematika videokonference, kde jsou popisovány systémy a režimy.

Další část diplomové práce tvoří praktická část. První kapitola popisuje experimentální pracoviště, kde jsou popsány součásti topologie a měřicí přístroje. Ve druhé kapitole jsem se snažil popisovat konfiguraci OLT jednotky WDM-PON, která je základním kamenem celé sítě. Dále je zde návod na přístup k L3 směrovači ZyXel a nezbytně nutnému síťovému emulátoru Simena, kterým jsou měněny parametry sítě: chybovost, ztrátovost a propustnost. Další podkapitolou a stěžejním bodem je zprovoznění komunikačního řetězce VoIP, realizovaného prostřednictvím pobočkové ústředny Asterisk a IP telefonu GrandStream GXV3140. Je zde detailně popsána konfigurace telefonní ústředny, která je nainstalována na serveru Abacus. Dále je detailně popsána konfigurace IP telefonů GrandStream GXV3140. Po zprovoznění těchto dvou důležitých bodů, jsem mohl začít s jejich nasazením do optické přístupové sítě WDM-PON. Jejich realizace probíhala pomocí kodeků H.264 a G.711a. Topologie, které jsou v tomto měření použity, jsou zobrazeny v kapitolách 5.8. Jedná se o 3 varianty, kdy první varianta je hovor mezi dvěma telefony, druhá varianta je konference mezi 3 telefony a poslední variantou je hovor mezi dvěma telefony se zatížením 2 IPTV.

V další kapitole této práce jsem se snažil pomocí síťového emulátoru Simena měnit/degradovat síťové parametry, které se projevují ve změnách kvality přijímaného komunikačního řetězce. V této kapitole, která je důležitá pro následující hodnocení kvality komunikačního řetězce jsem se snažil vytvořit 6 hranic, kdy byl řetězec bez degradování, následně byla nalezena hranice, u které se začínaly tyto změny projevovat, potom postupná degradace přenosu až po nepřipustnou hranici hovoru. Během změn síťových parametrů byl měřen pomocí analyzátoru AXS-200/625 měřeno kolísavé zpoždění (jitter), který byl vyneseno do grafů. Celé měření probíhalo v 6 krocích, kdy každý krok trval 2 minuty.

V poslední kapitole jsou tyto změny síťových parametrů hodnoceny pomocí subjektivní metody. Slovem hodnoceny, myslím to, že jsme v laboratoři vytvořili skupinku lidí, která nezávisle na sobě hodnotila kvalitu komunikačního řetězce pomocí stupnice MOS a následně jsem z těchto výsledků vyhodnotil celkovou známku. Tyto výsledky jsou vyneseny do tabulek, které obsahují hodnotu měněného parametru a jeho známku podle stupnice MOS.

Z vykonaných měření jsem zjistil, že kvalita komunikačního řetězce pro přenos hlasu a videa je velmi závislá na propustnosti, chybovosti a ztrátovosti paketů. Ovšem nejvíce co se týká přenosu hlasu a videa se degradování síťových parametrů projevuje u ztrátovosti paketů a BER. Tyto změny se projevují nejvíce na degradovaném obrazu a zvuku. Varianta s hovorem mezi dvěma telefony byla



hranice ztrátovost 10 %, která byla i se zátěží 2 TV a rozpad byl se ztrátovostí 30 % u dvou telefonů a se zátěží to byla ztrátovost 28 %. U varianty konference mezi třemi telefony byla tato hranice ztrátovosti 5 % a rozpad 25 %. Při degradaci parametru chybovosti byly hranice u všech tří variant stejné, avšak jejich projev byl odlišný. Nejvíce se tato chybovost projevovala u konference mezi třemi telefony. Tam je hodnocení pomocí stupnice MOS nejhorší. U změny propustnosti, se přenos hlasu a videa projevoval především ve zpoždění, což jde také vidět na vynesném grafu kolísavého zpoždění Jitteru. V něm jde vidět jeho postupné stoupání. Propustnost u hovoru mezi dvěma telefony se projevovala ve zvýšeném kolísavém zpoždění, kdy průměrná hodnota činila 4,3 ms a maximální hodnota byla 11,8 ms. Propustnost u konference mezi třemi telefony se projevovala ve zvedání kolísavého zpoždění (Jitteru) po každém kroku o 2 ms, kdy jeho maximální hodnota na konci činila něco kolem 12-13 ms. U varianty hovoru mezi dvěma telefony se zatížením byla zátěž vidět ve výsledném grafu, kdy se jeho maximální hodnota vyšplhala až na 19 ms.

Z tohoto měření tedy můžeme usoudit, že konference mezi 3 telefony je s ohledem náročnosti na parametry sítě podobná variantě hovoru mezi 2 telefony se zatížením 2 TV. Tyto dvě varianty se chovaly téměř stejně na změnu parametrů. Hovor mezi dvěma účastníky z tohoto měření vyšel nejlépe.

## Použitá literatura

- [1] LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T*. Praha: BEN-Technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-204-3.
- [2] O'DRISCOLL, Gerard. *Next generation IPTV services and technologies*. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, c2008.
- [3] KREJČÍ, J. a T. ZEMAN. *Úvod do IPTV* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2008100002>.
- [4] SPURNÁ, Ivona. *Počítačové sítě: praktická příručka správce sítě*. Vyd. 1. Kralice na Hané: Computer Media, c2010. ISBN 978-80-7402-036-0.
- [5] TCP/IP - skupinové vysílání IP Multicast a Cisco [online]. Samuraj, 2005-2009 [cit. 2016-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.samuraj-cz.com/clanek/tcpip-skupinove-vysilani-ip-multicast-a-cisco/>>.
- [6] Internet Group Management Protocol (IGMP): Computer and Network Examples. *ConceptDraw Solution Park* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://conceptdraw.com/How-To-Guide/igmp>.
- [7] MPEG-2: Slovníček pojmů. *DigiZone.cz* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/slovnicek/mpeg-2/>.
- [8] MPEG-4: Slovníček pojmů. *DigiZone.cz* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/slovnicek/mpeg-4/>.
- [9] *Co nabízí IPTV?* [online]. 4. 7. 2010. 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.digitalnik.cz/zpravodajstvi/co-nabizi-iptv/>>.
- [10] Co všechno nabízí IPTV. Služby IPTV [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z WWW: <<http://www.digizone.cz/specialy/iptv/co-vsechno-nabizi-iptv/>>.
- [11] Video on Demand: Slovníček pojmů. *DigiZone.cz* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.digizone.cz/slovnicek/video-on-demand/>.
- [12] HENS, Francisco J a José Manuel CABALLERO. *Triple play: building the converged network for IP, VoIP and IPTV*. Hoboken, NJ: Wiley, c2008, xiii, 401 p. ISBN 04-707-5367-6.
- [13] MEGGELEN, Jim Van, Leif MADSEN a Jared SMITH. *Asterisk: the future of telephony*. 2nd ed. Beijing: O'Reilly, 2007, 574 s. ISBN 05-965-1048-9.
- [14] PRAVDA, Ivan. *Internetová telefonie (VoIP) a protokol SIP* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://data.cedupoint.cz/oppa\\_e-learning/2\\_KME/079.pdf](http://data.cedupoint.cz/oppa_e-learning/2_KME/079.pdf).
- [15] HLAVÁČEK, J a R BEŠŤÁK. Aktuální problémy řízení kvality služeb v IP telefonii. *Access server* [online]. 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://access.fel.cvut.cz/view.php?cislocclanku=2010010003>.
- [16] KRÁLIK, Miroslav. *Výkonnostní testování optické sítě EPON*. Ostrava, 2014. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Petr Koudelka.

- [17] Protocols H.323. *Technology Background* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://dev.gentoo.org/~solar/Cookbook\\_D1/ch02s02.html](http://dev.gentoo.org/~solar/Cookbook_D1/ch02s02.html).
- [18] BRADA, Miroslav a Jan ZELENKA. *POSUZOVÁNÍ KVALITY HLASU* [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.ip-telefon.cz/data/download/40.pdf>.
- [19] BÍLEK, Petr. *MĚŘENÍ KVALITY TELEFONNÍCH HOVORŮ U POBOČKOVÉ ÚSTŘEDNY ASTERISK* [online]. Brno, 2011 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=39056](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=39056).
- [20] VOZŇÁK, M. a D. ZUKAL. *Kvalita hovoru v prostředí VoIP* [online]. In: . [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://www.phonet.cz/archiv/dok\\_cizi/Cesnet\\_kvalita\\_hovoru.pdf](http://www.phonet.cz/archiv/dok_cizi/Cesnet_kvalita_hovoru.pdf).
- [21] VODRÁTKA, Jiří. Optické přístupové sítě EPON a CWDM. In: *Optické přístupové sítě EPON a CWDM* [online]. 2005 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=&cisclocclanku=2005070401>.
- [22] LAM, Cedric F. *Passive optical network: principles and practice*. Boston: Elsevier/Academic Press, c2007, 324 p. ISBN 01-237-3853-9.
- [23] LAFATA, Pavel. *Základy FTTx*. [online]. 23.05.2009 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?cisclocclanku=2006051702>.
- [24] PRAT, Josep. *Next-generation FTTH passive optical networks*. New York: Springer, 2008, p. cm. ISBN 978-140-2084-690.
- [25] VOZŇÁK, Miroslav. *Spojovací soustavy: Přednáška č. 12*. 2011.
- [26] THEODORAS, Jim; RETTENBERGER, Stephan. *Introducing WDM into Next-Generation Access Networks*. ADVA Optical Networking. 2012. 11 s.
- [27] *Next-Generation PON Evolution*. In: *Next-Generation PON Evolution* [online]. 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.huawei.com/en/static/hw-077443.pdf>.
- [28] ARNASON, Bernie. *Next Generation FTTP Standard, NG-PON2, Begins to Emerge*. In: *Next Generation FTTP Standard, NG-PON2, Begins to Emerge* [online]. 2012 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.telecompetitor.com/next-generation-ftp-standard-ng-pon2-begins-to-emerge/>.
- [29] LAFATA, Pavel. *Pasivní optické sítě WDM-PON*. [online]. [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://access.feld.cvut.cz/view.php?navezclanku=princip-wdm&cisclocclanku=2004072805>.
- [30] NĚMEČEK, Ivo. *Architektury a technologie v moderních optických DWDM sítích 1/2*. In: *Architektury a technologie v moderních optických DWDM sítích 1/2* [online]. 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.netguru.cz/odborne-clanky/architektury-a-technologie-v-modernich-optickych-sitich-12.html>.
- [31] FIRESTONE, Scott, Thiya RAMALINGAM a Steve FRY. *Voice and video conferencing fundamentals*. Indianapolis, IN: Cisco Press, c2007. ISBN 1587052687.
- [32] PROFIBER. *Profiber* [online]. 2010 [cit. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.profiber.eu/>.

- [33] BOČEK, Jakub. *Nasazení DVB/IP Streameru do optických přístupových sítí*. Ostrava, 2014. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce Ing. Petr Koudelka.

## Seznam příloh

Příloha A:	Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 2 telefony.....	I
Příloha B:	Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 3 telefony.....	VI
Příloha C:	Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 2 telefony se zatížením.....	XI
Příloha D:	Grafy kolísavého zpoždění u jednotlivých variant.....	XVI
Příloha E:	Topologie pro reálné nasazení.....	XXV
Příloha F:	Racky A a B v laboratoři EB316.....	XXVIII

Příloha na CD.

Adresářová struktura přiloženého CD:

1. Elektronická podoba diplomové práce.
2. Snímky pro porovnání kvality hovorů.

Příloha A: *Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 2 telefony*

**Chybovost BER:**

A.  $10^{-13}$

C.  $10^{-5}$

B.  $10^{-6}$

D.  $10^{-4}$



A)



B)





C)



D)

**Ztrátovost:**

- |        |         |         |
|--------|---------|---------|
| A. 0 % | C. 15 % | E. 25 % |
| B. 10% | D. 20 % | F. 30 % |



A)



B)

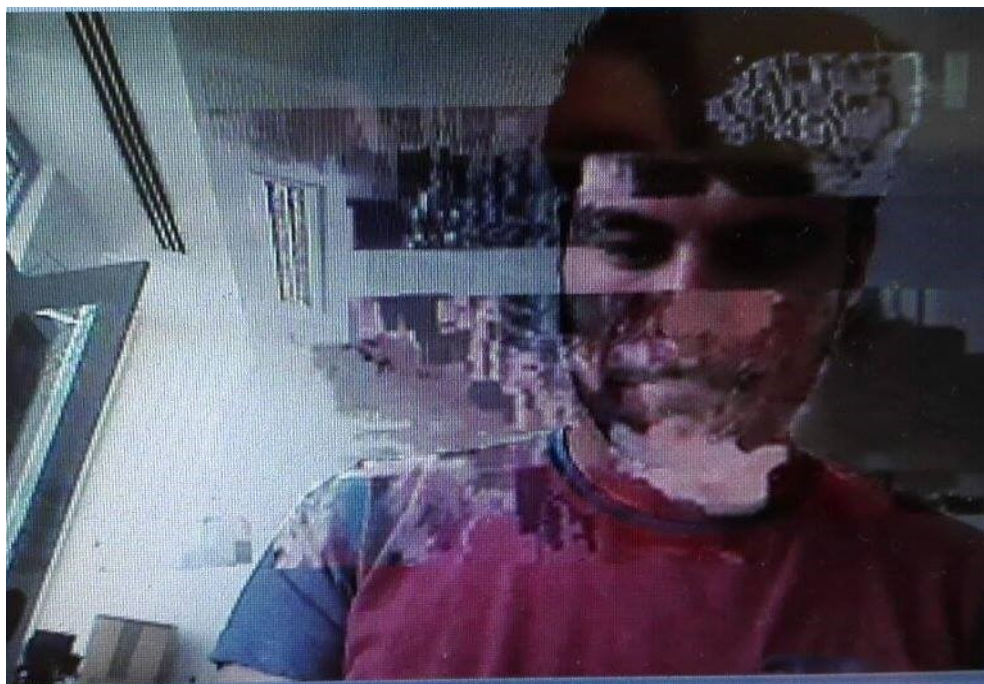




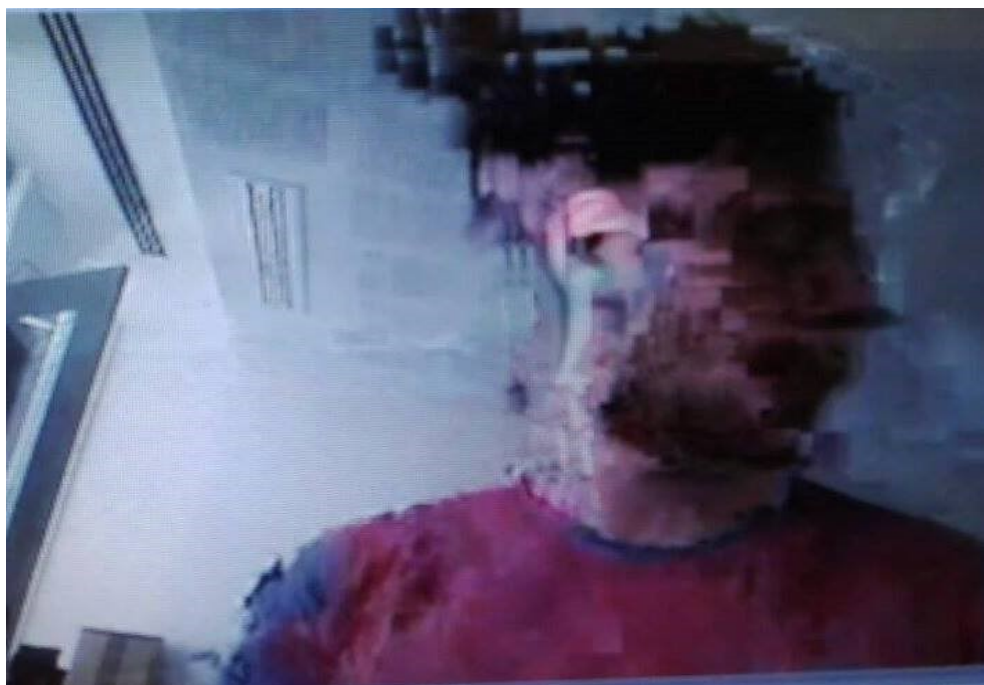
C)



D)



E)



F)



Příloha B: *Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 3 telefony*

**Chybovost BER:**

A.  $10^{-13}$

C.  $10^{-5}$

B.  $10^{-6}$

D.  $10^{-4}$



A)



B)



C)



D)



**Ztrátovost:**

A. 0 %

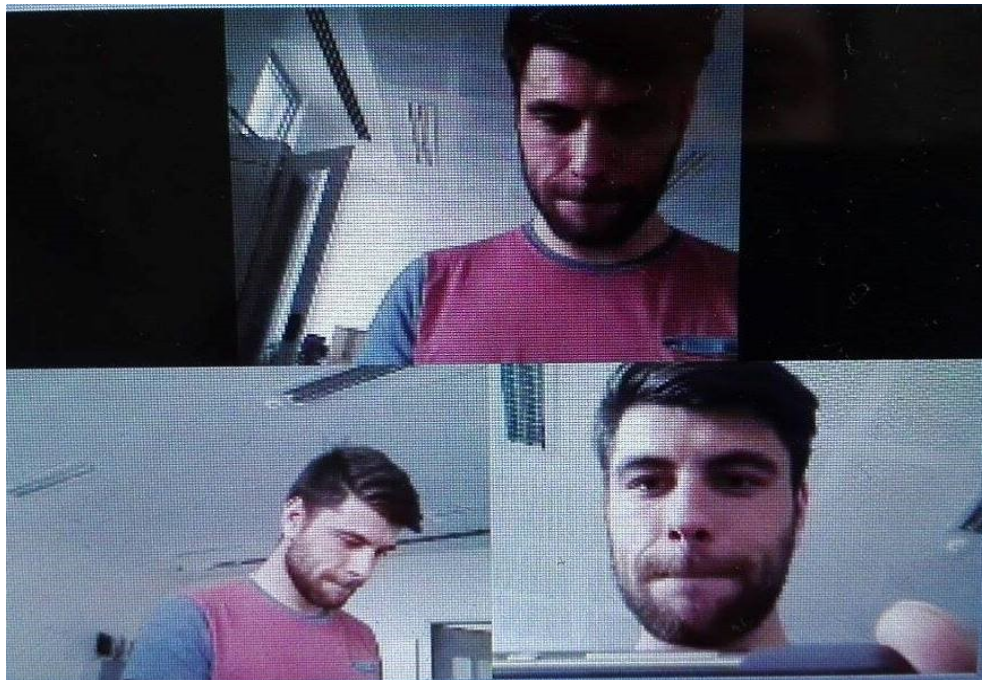
C. 10 %

E. 20 %

B. 5 %

D. 15 %

F. 25 %



A)



B)



C)

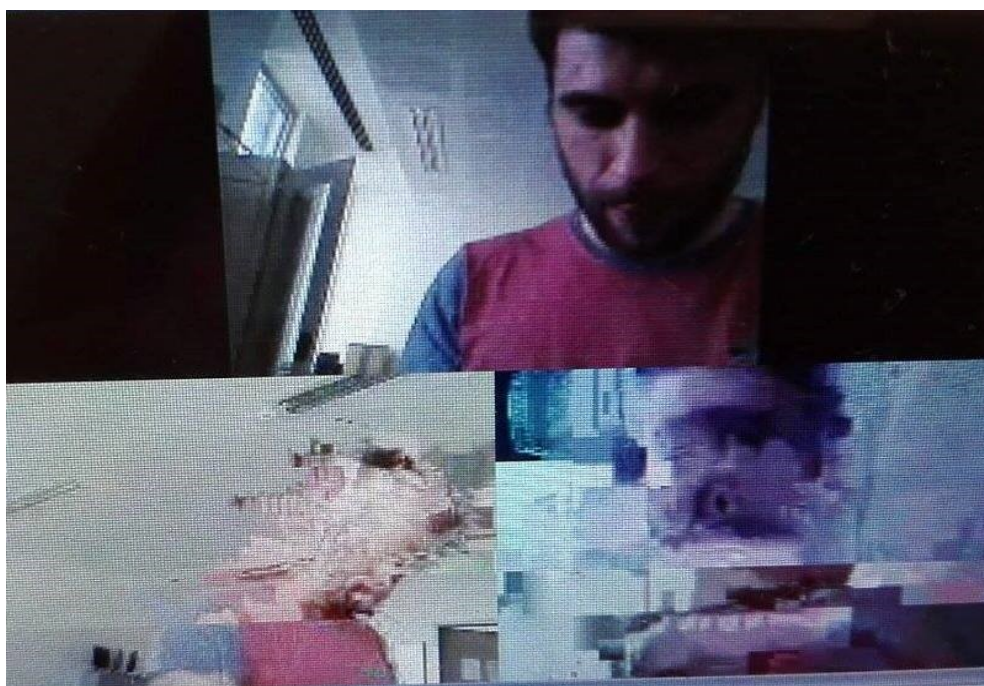


D)





E)



F)

Příloha C: *Snímky pro porovnání kvality – hovor mezi 2 telefony se zatížením*

**Chybovost BER:**

A.  $10^{-13}$

C.  $10^{-5}$

B.  $10^{-6}$

D.  $10^{-4}$



A)



B)





C)



D)

**Ztrátovost:**

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| A. 0 %  | C. 15 % | E. 25 % |
| B. 10 % | D. 20 % | F. 28 % |



A)



B)





C)



D)



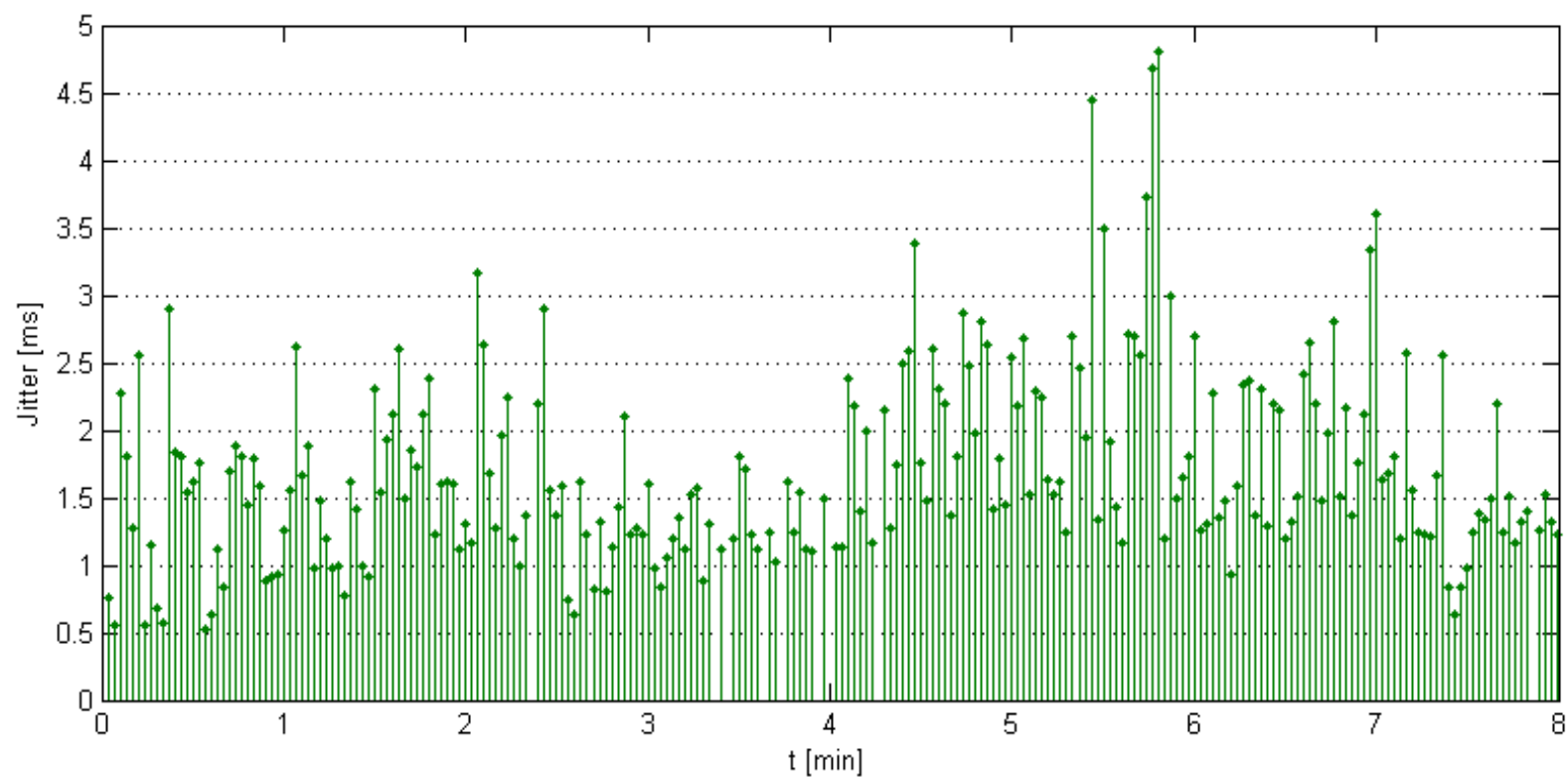
E)



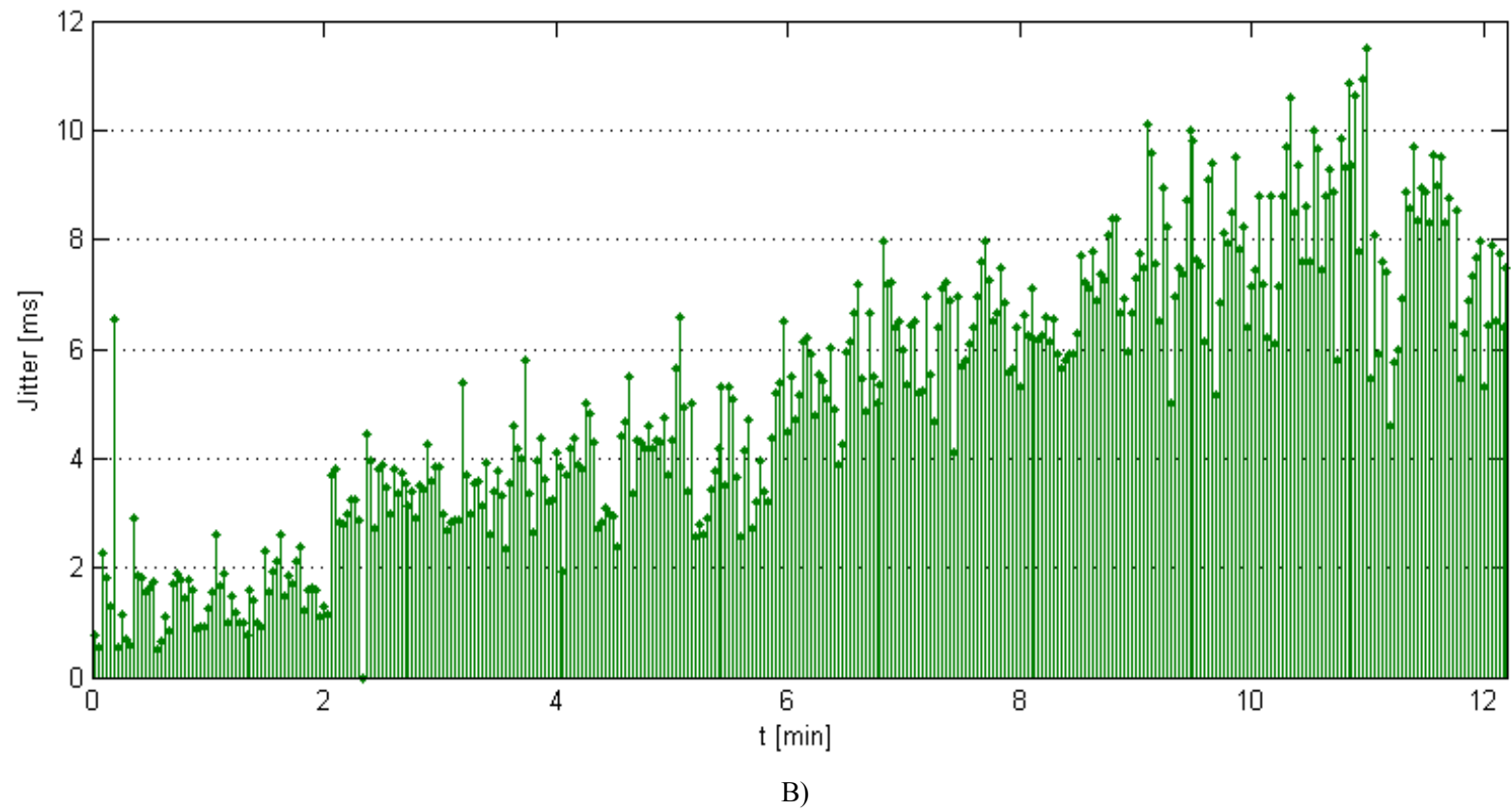
F)

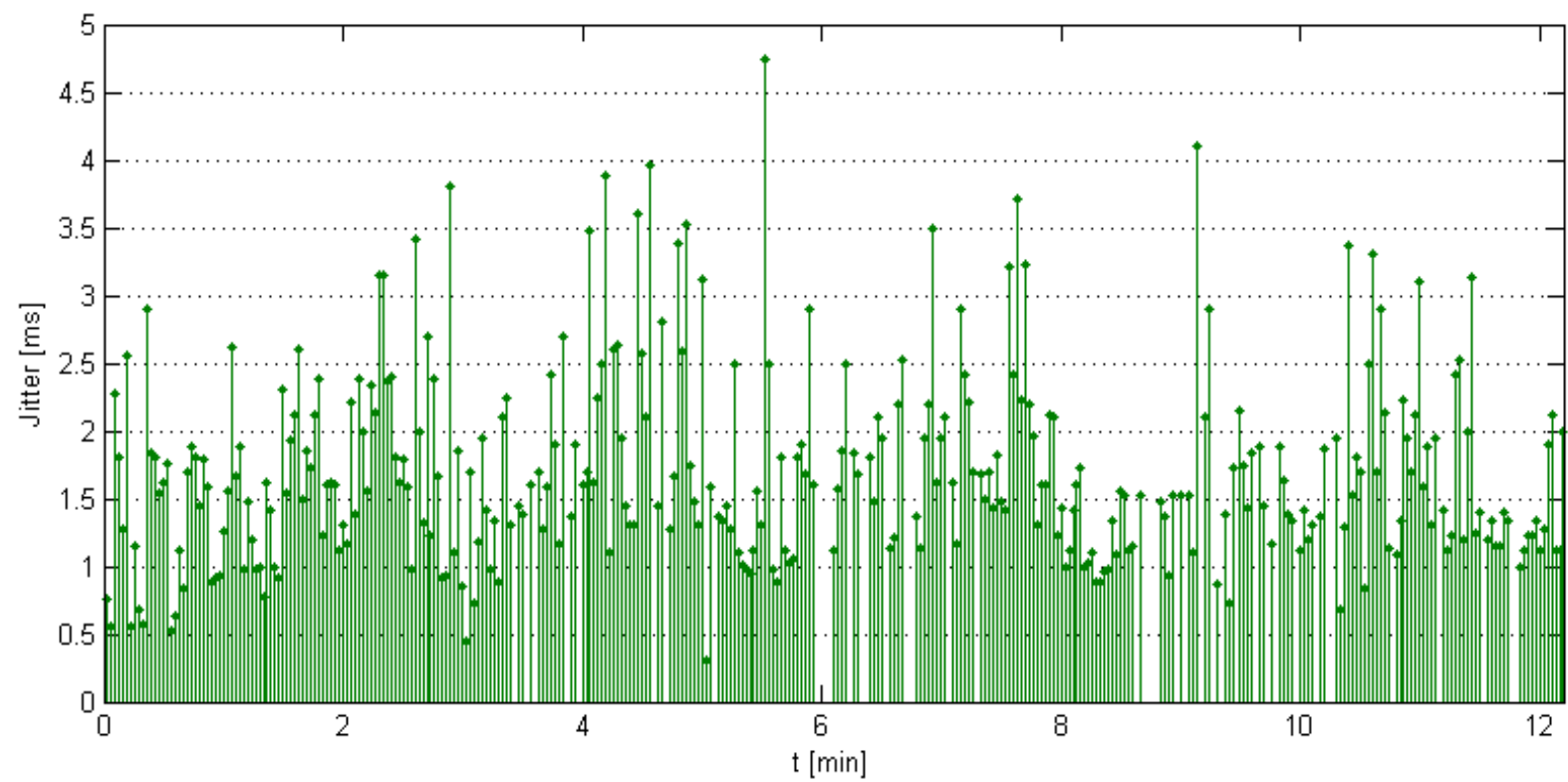
Příloha D: *Grafy kolísavého zpoždění u jednotlivých variant*

- A. Chybovost (hovor mezi 2 telefony)
- B. Propustnost (hovor mezi 2 telefony)
- C. Ztrátovost (hovor mezi 2 telefony)



A)

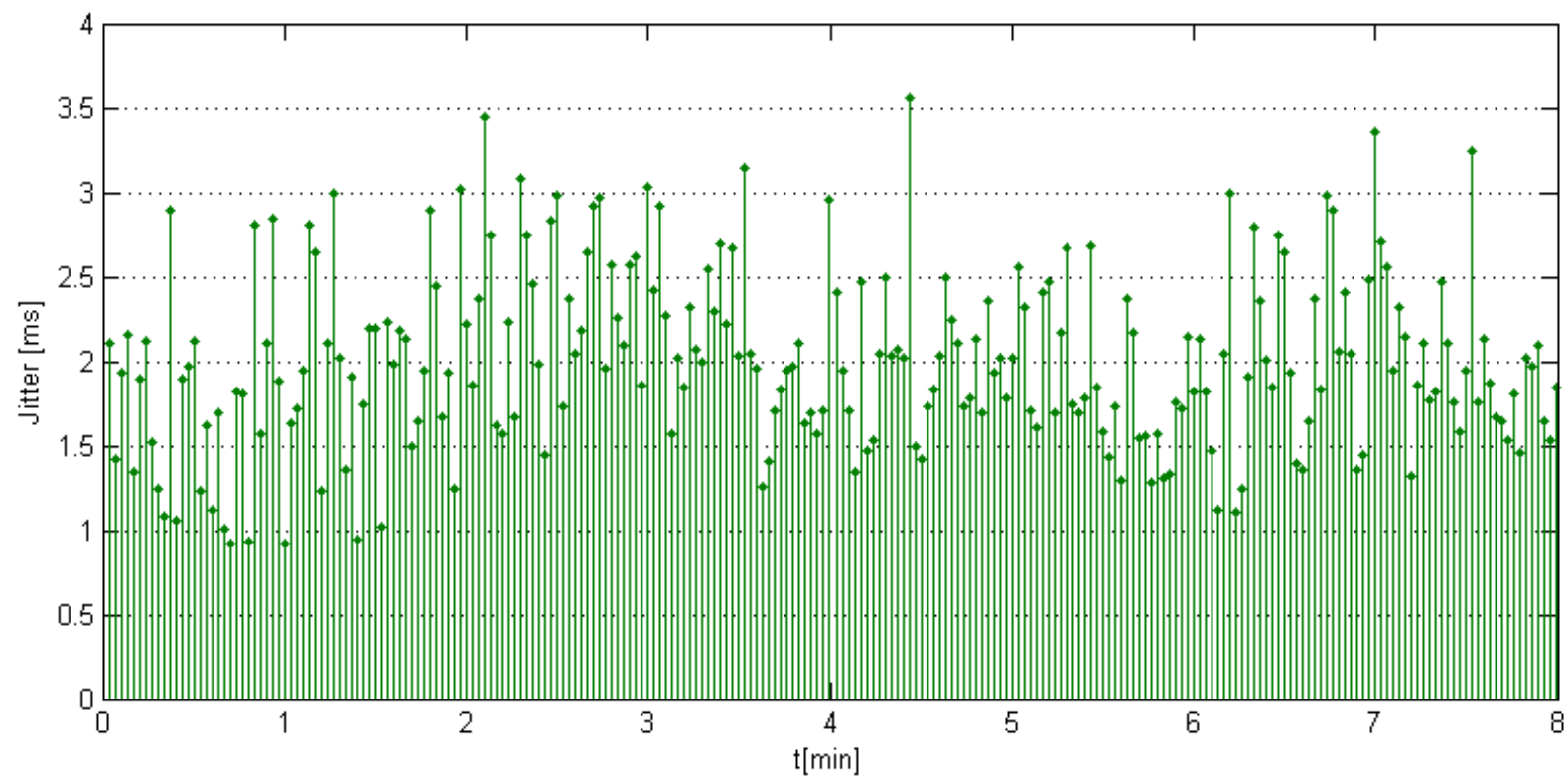




C)

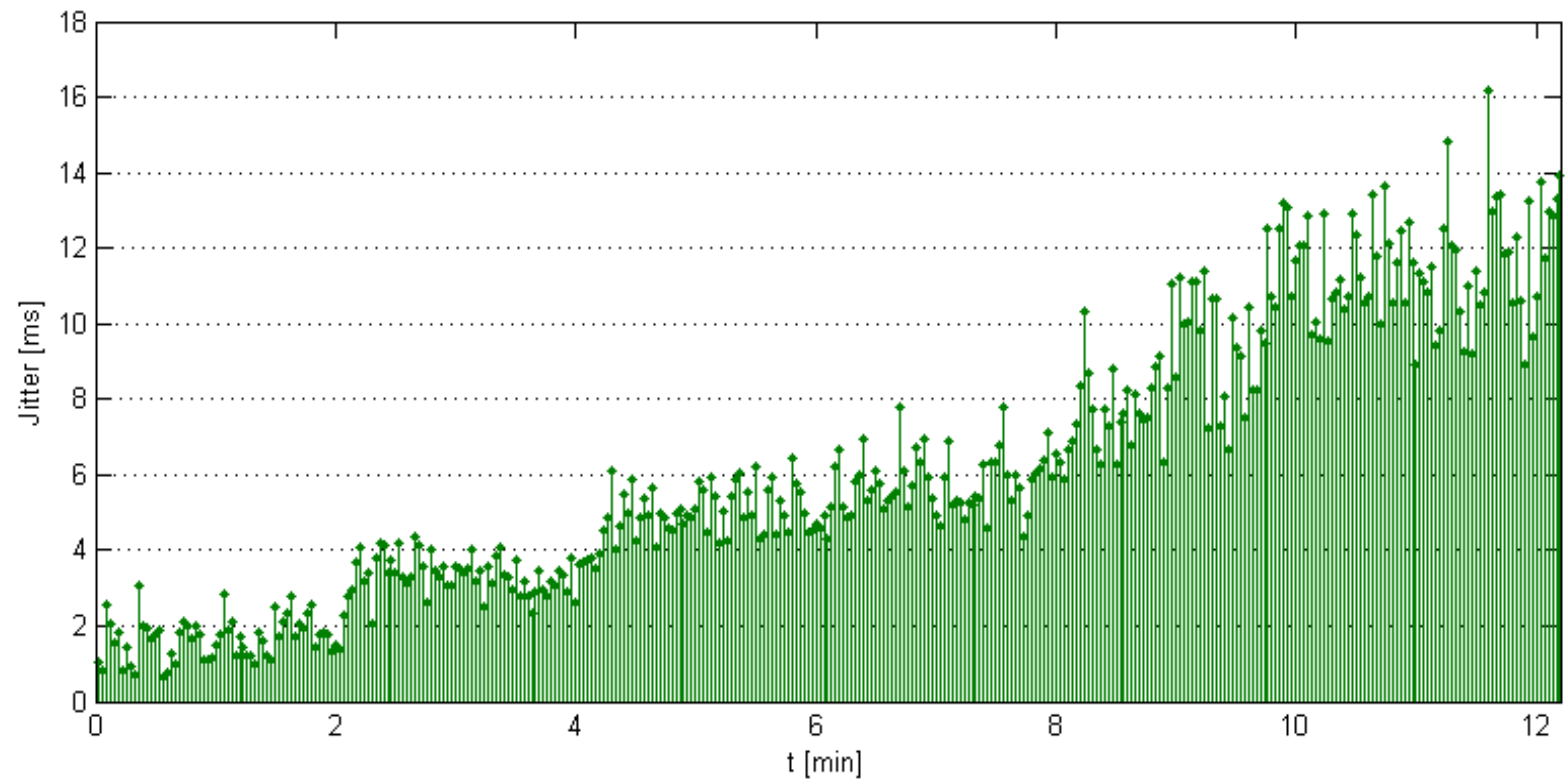


- D. Chybovost (hovor mezi 3 telefony)
- E. Propustnost (hovor mezi 3 telefony)
- F. Ztrátovost (hovor mezi 3 telefony)

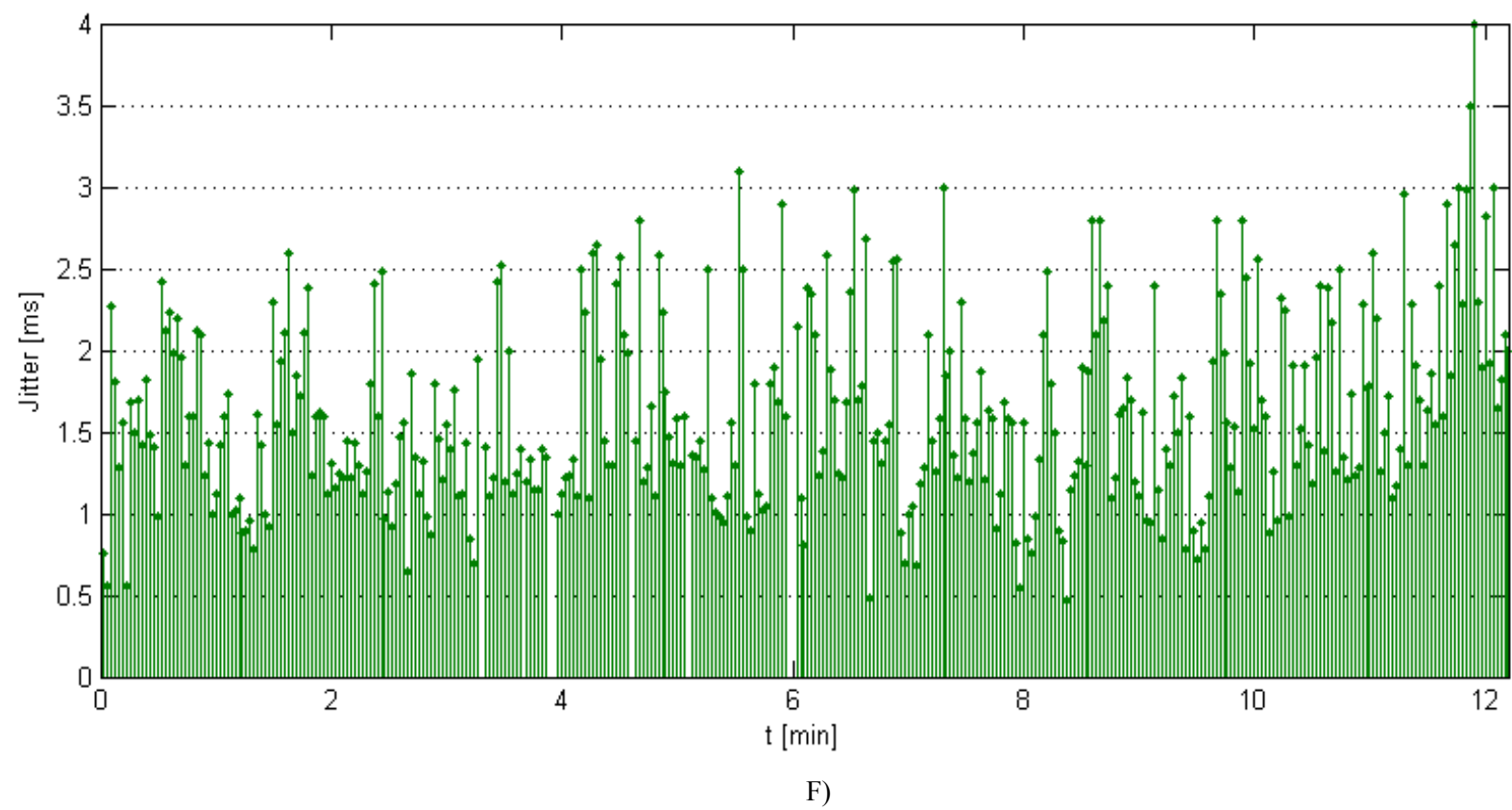


D)

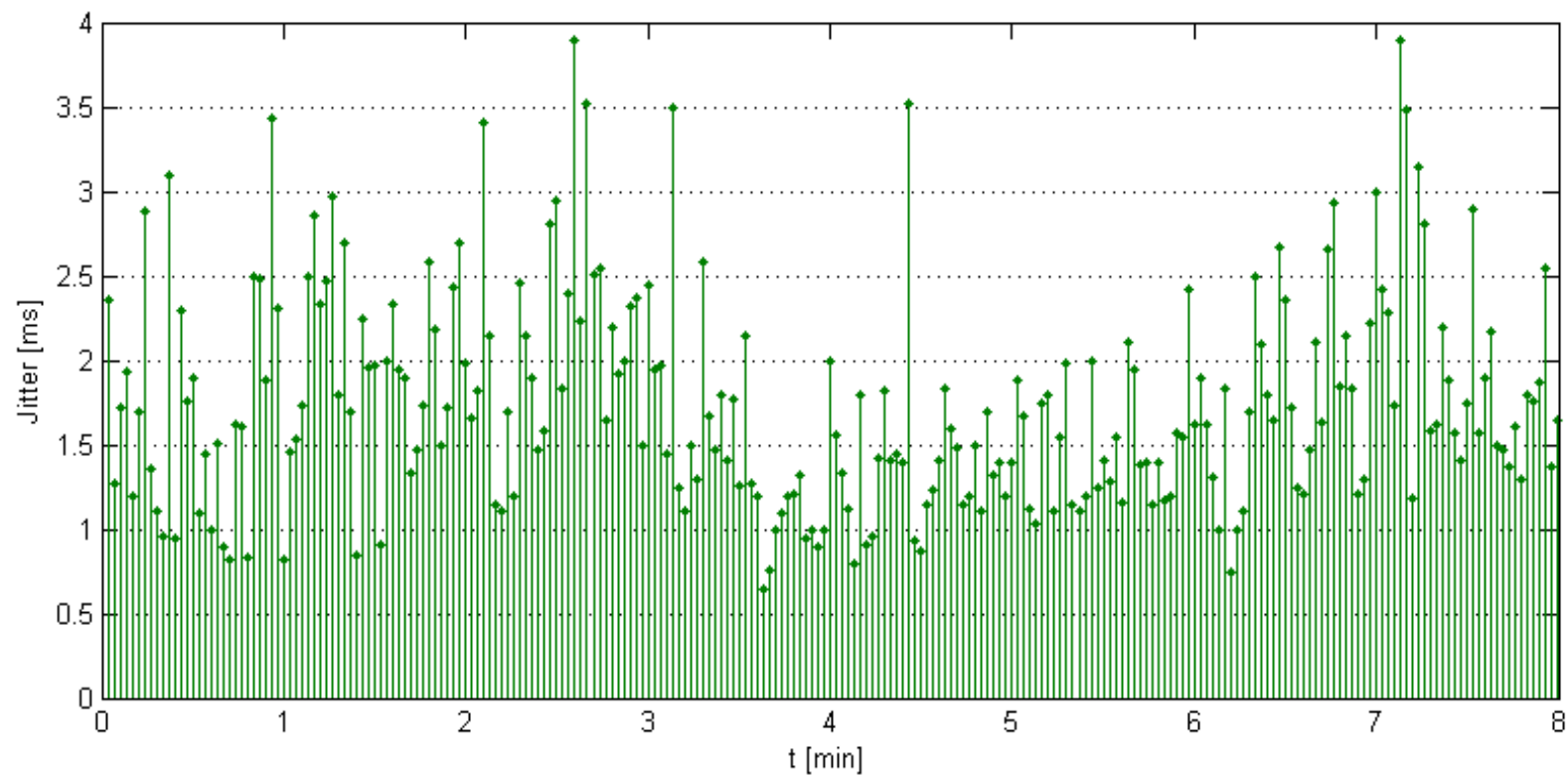




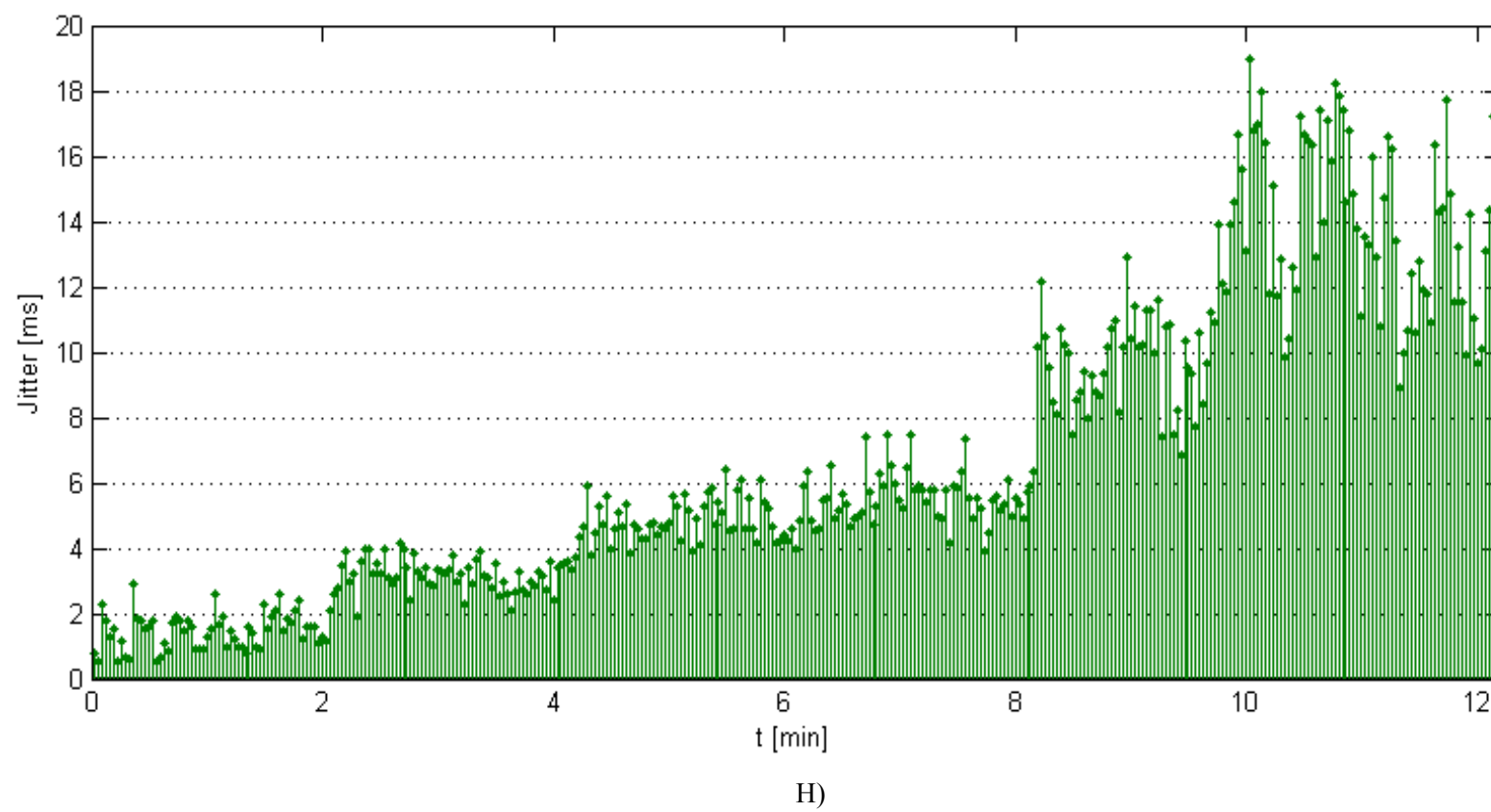
E)

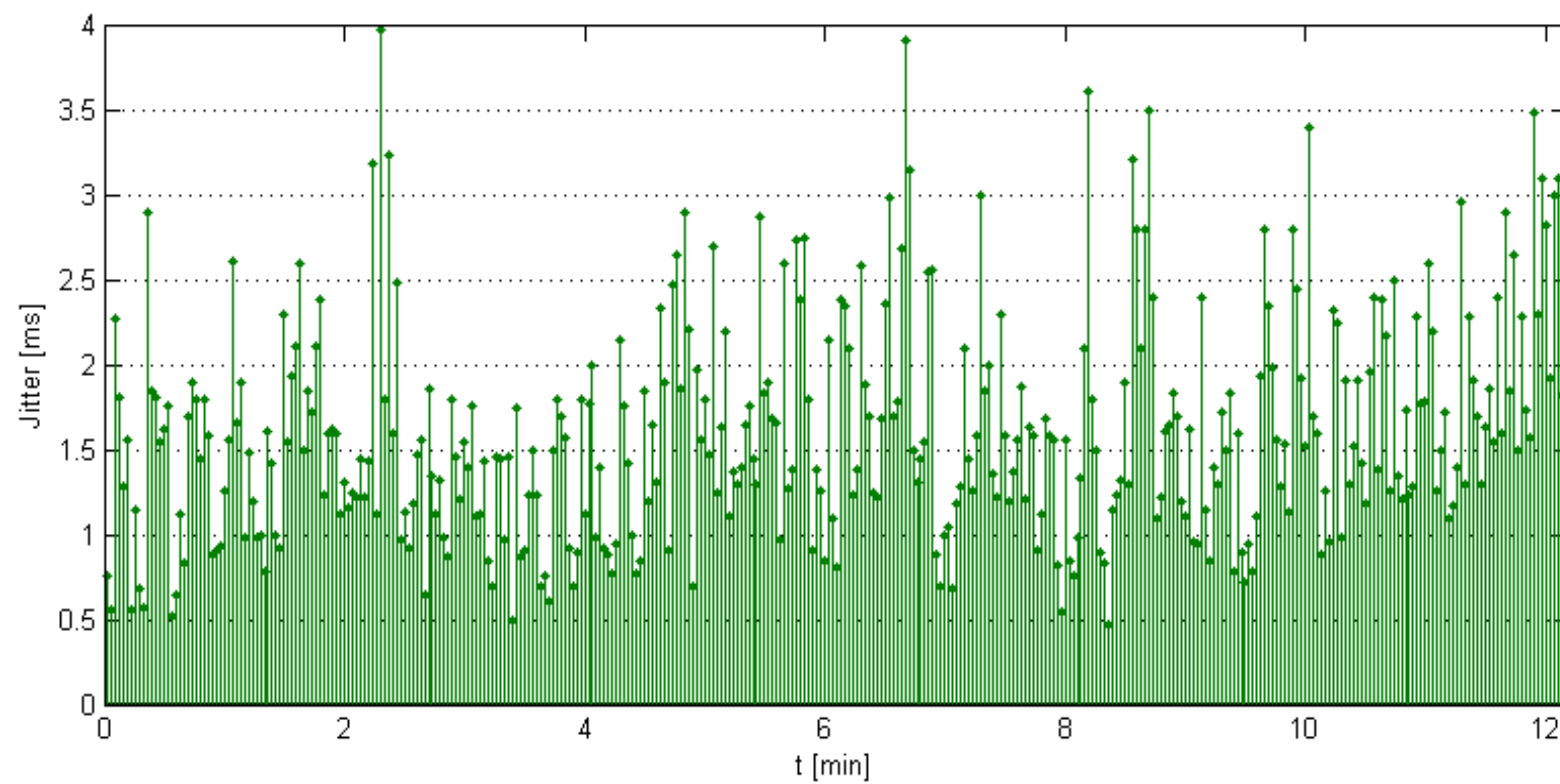


- G. Chybovost (hovor mezi 2 telefony se zatížením 2 TV)
- H. Propustnost (hovor mezi 2 telefony se zatížením 2 TV)
- I. Ztrátovost (hovor mezi 2 telefony se zatížením 2 TV)



G)





I)

